

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

Departamento de Profilaxis, Odontopediatría y Ortodoncia



TESIS DOCTORAL

**ESTUDIO CLÍNICO DEL AGREGADO TRIÓXIDO
MINERAL EN PULPOTOMÍAS DE MOLARES
TEMPORALES. COMPARACIÓN DE RESULTADOS CON
MTA GRIS y MTA BLANCO**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

Cristina Cardoso Silva

Directoras:

Elena Barbería Leache
Myriam Maroto Edo

Madrid, 2010

ISBN: 978-84-693-7743-7

© Cristina Cardoso Silva, 2010

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

Departamento de Profilaxis, Odontopediatría y Ortodoncia



**ESTUDIO CLÍNICO DEL AGREGADO TRIÓXIDO
MINERAL EN PULPOTOMÍAS DE MOLARES
TEMPORALES. COMPARACIÓN DE RESULTADOS CON
MTA GRIS y MTA BLANCO**

TESIS DOCTORAL

Cristina Cardoso Silva

Directoras:

Profa. Elena Barbería Leache

Dra. Myriam Maroto Edo

Madrid, 2010

UNIVERSIDADE COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE ODONTOLOGIA

Departamento de Profilaxia, Odontopediatria e Ortodontia



**ESTUDO CLÍNICO DO AGREGADO TRIÓXIDO
MINERAL EM PULPOTOMIAS DE MOLARES
TEMPORÁRIOS. COMPARAÇÃO DE RESULTADOS
COM MTA CINZENTO E MTA BRANCO**

TESE DE DOUTORAMENTO

Cristina Cardoso Silva

Directoras:

Profa. Elena Barbería Leache

Dra. Myriam Maroto Edo

Madrid, 2010

Dedicada a mis padres.

Dedicada aos meus pais.

Deseo expresar mi agradecimiento a todas las personas que directa e indirectamente han colaborado en la realización de este trabajo, en especial:

A la Dra. Elena Barbería Leache, por confiar en mí y apoyarme en este trabajo. Gracias por transmitirme sus conocimientos y experiencia, por todas las horas que, cariñosamente, me ha dedicado y por su inagotable disponibilidad para todo.

A la Dra. Myriam Maroto Edo, por dirigirme y apoyarme en este trabajo. Gracias por su cariño y amistad. Gracias también a Mar de Pablo Maroto por todas las oportunidades que me ha posibilitado.

A todo el equipo del Programa de Atención Odontológica a Pacientes en Edad Infantil. Gracias Estrella, Mayte y Montse por vuestro cariño y ayuda.

A Santiago Cano, por su ayuda en el tratamiento estadístico de los datos.

Al Dr. Manuel Neves por sus enseñanzas, por compartir conmigo toda su experiencia y por confiar en mí desde el primer momento.

A todo el equipo de la “Manuel Neves, Clínica de Medicina Dentária, Lda.” por el apoyo y cariño.

A mis amigos y amigas de toda la vida y para toda la vida, en especial a Jú y Lú, porque sois imprescindibles.

A Carlos, por creer en mis proyectos y, afortunadamente, compartirlos conmigo. Gracias por tu presencia, cariño y dedicación.

Gracias a todos.

Desejo expressar o meu agradecimento a todas as pessoas que directa e indirectamente colaboraram na realização deste trabalho, em especial:

À Dra. Elena Barbería Leache, por confiar em mim e apoiar-me neste trabalho. Obrigada por transmitir-me os seus conhecimentos e experiência, por todas as horas que, carinhosamente, me dedicou e pela sua inesgotável disponibilidade para tudo.

À Dra. Myriam Maroto Edo, por dirigir-me e apoiar-me neste trabalho. Obrigada pelo carinho e amizade. Obrigada também a Mar de Pablo Maroto por todas as oportunidades que me possibilitou.

A toda a equipa do Programa de Atención Odontológica a Pacientes en Edad Infantil. Obrigadas Estrella, Mayte e Montse pelo vosso carinho e ajuda.

A Santiago Cano, pela ajuda no tratamento estatístico dos dados.

Ao Dr. Manuel Neves pelos seus ensinamentos, por partilhar comigo toda a sua experiência e por confiar em mim desde o primeiro momento.

A toda a equipa da “Manuel Neves, Clínica de Medicina Dentária, Lda.” pelo apoio e carinho.

Aos meus amigos e amigas de toda a vida e para toda a vida, em especial à Jú e à Lú, porque sois imprescindíveis.

Ao Carlos, por acreditar nos meus projectos e, felizmente, partilhá-los comigo. Obrigada pela tua presença, carinho e dedicação.

Obrigada a todos.

Índice

1. Introducción	8
1.1. El tratamiento de pulpotomía en los molares temporales	14
1.1.1. Indicaciones y contraindicaciones de la pulpotomía	15
1.1.2. Criterios de éxito o fracaso del tratamiento	17
2.2. Pulpotomía con formocresol	18
2.3. Otras alternativas al uso del formocresol	21
2.3.1. Pulpotomía con Óxido de cinc-eugenol	22
2.3.2. Pulpotomía con Glutaraldehído	23
2.3.3. Pulpotomía con Hidróxido de calcio	25
2.3.4. Pulpotomía con Sulfato férrico	26
2.3.5. Pulpotomía con Pastas iodofórmicas	27
2.3.6. Pulpotomía con Hueso liofilizado o Hueso deshidratado	29
2.3.7. Pulpotomía con Colágeno	30
2.3.8. Pulpotomía con Proteínas osteogénicas	30
2.3.9. Pulpotomía con Láser	31
2.3.10. Pulpotomía con Electrocoagulación	33
2.3.11. Resumen del estado actual de las alternativas al formocresol	34
2.4. Nuevas alternativas. El Agregado Trióxido Mineral	35
2.4.1. Composición y manejo	36
2.4.2. Propiedades del MTA	39
2.4.3. Diferencias entre el MTA Gris y el MTA Blanco	52
2.4.4. Compuestos similares al MTA ProRoot®	56
2.4.5. Aplicaciones del MTA	58
2.4.6. Aplicación del MTA en pulpotomías en animales de experimentación	59
2.4.7. Estudios clínicos del MTA en pulpotomías de molares temporales	63
2.4.8. Desventajas del Agregado Trióxido Mineral	77
2. Hipótesis y objetivos de trabajo	79

3. Material y Método	82
3.1. Muestra	86
3.2. Método	89
4. Resultados	93
4.1. Evaluación del éxito del tratamiento pulpar	94
4.1.1. Respuesta clínica	94
4.1.2. Respuesta radiológica	95
4.2. Evidencia de formación de dentina reparativa	96
4.2.1. Puentes dentinarios. MTA Gris	102
4.2.2. Puentes dentinarios. MTA Blanco	106
4.2.3. Estenosis radicular. MTA Gris	110
4.2.4. Estenosis radicular. MTA Blanco	114
4.3. Comparación del MTA Gris y MTA Blanco	118
4.3.1. Puentes dentinarios	118
4.3.2. Estenosis radicular	121
4.4. Morfología de los premolares	123
5. Discusión	128
5.1. Consideraciones acerca del material y método del estudio	130
5.2. Consideraciones acerca de los resultados del estudio	134
5.2.1. Evaluación del éxito del tratamiento pulpar	134
5.2.2. Evidencia de formación de dentina reparativa	140
5.3. Morfología de los premolares	153
6. Conclusiones	157
7. Texto en Portugués	160
8. Referencias Bibliográficas	315
9. Anexos	339

1. Introducción

1. Introducción

Gran parte de los esfuerzos realizados, en las últimas décadas, por los responsables de la salud bucal de muchos países y por los profesionales de la odontología han estado dirigidos a erradicar la caries dental. A pesar de que se han conseguido grandes logros en este camino, todavía queda mucho por hacer. La erradicación aun es una utopía y esta patología sigue siendo muy frecuente.

Además, se ha observado un cambio en el perfil de presentación de la enfermedad. Estudios epidemiológicos publicados en países considerados desarrollados establecen que actualmente las lesiones de caries se agrupan en un porcentaje menor de niños; de modo que hay más niños libres de caries pero otro grupo tienen más lesiones y más complejas. Asimismo es sabido que la caries dental en los niños de 2 a 5 años se está incrementando (1).

En la consulta de Odontopediatría, al proceder al examen clínico y radiográfico, frecuentemente se puede visualizar la presencia de patología de caries dental. En los niños, gran parte de los tratamientos que se realizan actualmente son debidos a esta patología que, en la mayoría de los casos, afecta a la pulpa y al periápice de los dientes (2). (Figura 1)

La caries enfermedad, sea en la dentición temporal o permanente, es una enfermedad de carácter infeccioso, transmisible y producida por bacterias. En los niños la progresión de la enfermedad suele ser rápida y las infecciones producidas por microorganismos y bacterias gram negativas son una de las causas más importantes que pueden afectar a la pulpa dentaria (3). Ya en la década de los 60, Kakehashi y cols. confirmaron la importancia de estos microorganismos como causantes de dichas

patologías. Estas infecciones pueden llegar a la pulpa a través de la corona o de la raíz del diente (4), siendo la caries, las fisuras o fracturas y los defectos del desarrollo dentario las causas más frecuentes de infección a través de la corona (2). Estos y otros autores han demostrado que la caries en la dentición temporal progresa rápidamente y tiene una especial relevancia ya que puede originar severas complicaciones locales y a distancia. Las complicaciones locales originadas por lesiones de caries no controladas, como son la afectación de la pulpa y del periápice, conllevan a la necesidad de realizar una terapia encaminada a controlar la infección y conservar el diente cuando es posible y, lamentablemente, en muchos casos obligan a extraer el diente temporal para prevenir lesiones del diente permanente en desarrollo.

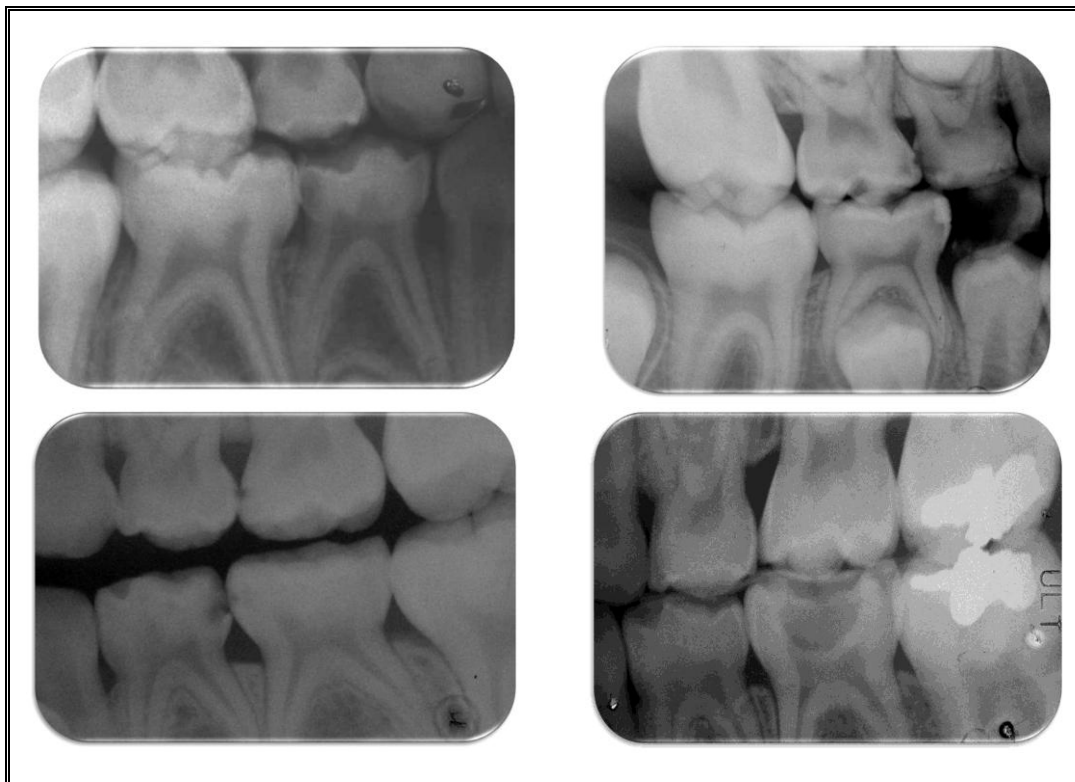


Figura 1. Radiografías intraorales en las que se pueden observar molares temporales afectados por lesiones de caries.

La dentición temporal presenta algunas características específicas y diferentes de la dentición permanente y es de extrema importancia para que el ser humano pueda tener un crecimiento craneofacial y corporal adecuado, un correcto desarrollo de las funciones de masticación, deglución, fonación y desarrollo del lenguaje, tener un correcto desarrollo de la autoestima y realizar adecuadamente el proceso de socialización propio de la etapa infantil. Además, los dientes temporales intervienen como guía para la erupción y el desarrollo de la oclusión de los dientes permanentes (5).

En las situaciones en que la caries enfermedad ya se manifieste en lesiones cavitadas podrá ocurrir una alteración del correcto desarrollo de las funciones anteriormente mencionadas, presentándose las manifestaciones propias de la patología infecciosa local, como toda enfermedad de carácter infeccioso, afectando al germen del diente permanente en formación y pudiendo, además, diseminarse a otras localizaciones.

Dada la importancia de la salud de los dientes temporales y la necesidad de que estos presenten una pulpa sana, los científicos siguen realizando investigaciones que permitan conocer sus características así como sus mecanismos de reacción frente a situaciones de agresión (6, 7).

En el pasado se creía que en respuesta a la caries, los dientes temporales presentaban una reacción inflamatoria más pronunciada y generalizada que los dientes permanentes en igual situación (8). Este conocimiento fue refutado por investigaciones inmunohistoquímicas recientes que demostraron igualdad entre las dos denticiones en cuanto al nivel de vasodilatación y angiogénesis en respuesta a una agresión por caries, con una respuesta predominante en la región de los cuernos pulpares. A pesar de que los dientes temporales presenten más células inmunes en ambas situaciones de diente

intacto o con caries, parece que éstas se localizan de forma similar que en los dientes permanentes (9).

Tal como escribe Waterhouse (6), la pulpa de los dientes temporales posee un buen potencial para la reparación y curación tisular. Esta autora sugiere que, a la luz de estos hallazgos contemporáneos, los clínicos deberíamos re-evaluar nuestra aproximación a la terapia pulpar en la dentición temporal y que las investigaciones se deberían direccionar hacia la búsqueda de evidencia científica para terapias pulpares con materiales que favorezcan la regeneración pulpar.

Los estudios mencionados son algunos ejemplos del interés científico y de la amplia labor realizada por los investigadores y odontólogos preocupados por la salud bucal infantil. Pero no son nuevos; en 1934 M. Evangeline Jordon (10), tras 25 años de ejercer la odontología en niños, escribía: “si se quiere que el niño tenga buena salud y se desarrolle de manera normal, tanto física como intelectualmente, es menester que su alimento no pase por una puerta de entrada infecta por gérmenes envenenados”. Más adelante, en el capítulo dedicado a la terapia pulpar de los dientes temporales, expresa “la desvitalización de la pulpa de los dientes caducos es una parte importante de las operaciones que se practican en los niños, y, si el operador quiere realizar una labor de conservación, no debe pararse en las dificultades”. Ella propone, ya entonces, la utilización del formocresol para este fin haciendo referencia a lo publicado por otros autores, ya en aquella época.

Puede sorprender que desde entonces se ha investigado mucho pero no ha habido una aceptación universal de los materiales que deben utilizarse como alternativa al formocresol, encontrándose en la literatura un gran número de trabajos que exponen las ventajas, desventajas y riesgos de cada uno de ellos. Sin embargo, los autores siguen

teniendo la misma preocupación, ya que el material más utilizado para los tratamientos pulpares en dentición temporal sigue siendo el formocresol, que no ha sido desplazado definitivamente por ningún otro a pesar que los riesgos derivados de su uso son ampliamente conocidos.

Considero que la pertenencia durante años al equipo investigador del la “Programa de Atención Odontológica a Pacientes en Edad Infantil” de la Facultad de Odontología de la Universidad Complutense de Madrid donde se utiliza desde hace años el Agregado Trióxido Mineral en las pulpotomías de molares temporales, MTA Gris y MTA Blanco, me brinda la oportunidad de poder evaluar la respuesta biológica a largo plazo (en ocasiones hasta la exfoliación del molar temporal y la emergencia del correspondiente premolar), y comparar las respuestas en las diferentes generaciones comercializadas de este material.

Por tanto, este trabajo continúa una línea de investigación en la que se ha realizado y publicado la evaluación, a medio plazo, del MTA Gris y MTA Blanco separadamente (11, 12, 13). En nuestro caso, además de evaluar los resultados en una muestra más amplia, se ha comparado la respuesta con uno y otro material, con el fin de aportar nuevos datos que puedan conducir a la selección de un material biológicamente seguro para el tratamiento de pulpotomía en dentición temporal.

Con este fin, hemos revisado, en primer lugar, los trabajos más relevantes en la literatura, referidos a las técnicas y materiales, MTA u otros, más utilizados en los tratamientos de pulpotomía realizados en dentición temporal para compararlos, posteriormente, con nuestros resultados, a largo plazo.

1.1. El tratamiento de pulpotomía en los molares temporales

La Academia Americana de Odontopediatría (AAPD), define la pulpotomía “como un procedimiento que implica la amputación de la porción coronal de la pulpa dental afectada o infectada” (14).

Barbería y cols. establecen que la pulpotomía en molares temporales es un tratamiento pulpar consistente en la extirpación de la pulpa cameral y la fijación de la pulpa radicular mediante medicamentos, cuando la inflamación pulpar está limitada a la pulpa cameral (15).

El concepto de realizar la técnica de pulpotomía en molares temporales, con el fin de evitar su pérdida prematura, es muy antiguo. Los tratamientos odontológicos en niños considerados más avanzados en el siglo XIX ya incluían este concepto. La mayoría de los fármacos utilizados entonces, resina fenicada; discos desvitalizantes de arsénico y novocaína; formocresol; pasta de alumbre y otros, fueron desechados con el uso (10).

También la técnica de preparación del molar ha sufrido diversos avatares ya que ha estado influenciada por diversos cambios en la odontología como el desarrollo de los anestésicos y los cambios en el instrumental rotatorio.

Aunque se aceptaba la utilidad de la pulpotomía, la realización de esta técnica quedaba limitada a unos pocos odontólogos considerados avanzados en las técnicas de tratamiento odontológico de la infancia (10).

Los autores refieren que la utilización rutinaria se remonta a principios del siglo XX, cuando Buckley aplicó una mezcla de tricresol y formaldehído en un algodón, en la cámara pulpar, sellándola posteriormente. Al abrir la cámara pulpar unos días después

observó que, según su descripción, “los gases y líquidos tóxicos habían sido convertidos en líquidos y sólidos no tóxicos”. Fue el inicio de la fórmula de Buckley que todavía se preconiza hoy en día (16, 17).

En los años treinta, Sweet (18) propuso la aplicación de una mezcla de óxido de cinc, eugenol y formocresol para el tratamiento pulpar de molares temporales. A partir de ese momento numerosos autores utilizaron el medicamento y, en la práctica, se desarrolló y universalizó la técnica operatoria para la pulpotomía (16, 17, 19, 20).

Debido a la acción germicida y antiséptica de los compuestos utilizados, y a la poca dificultad de la técnica, el procedimiento fue un éxito, perdurando hasta la actualidad. Esta ampliamente documentado en numerosos estudios, que representa el tratamiento pulpar más frecuentemente realizado en dentición temporal (16, 17, 21, 22, 23,24).

1.1.1. Indicaciones y contraindicaciones de la pulpotomía

Indicaciones

Se acepta que la pulpotomía está indicada en los casos en los que el tejido coronal está irreversiblemente infectado y, si se amputa, el tejido radicular remanente permanece vital, de acuerdo a criterios radiológicos y clínicos (14). El tratamiento de la superficie del tejido radicular remanente debe preservar la vitalidad y función, de todo o parte de ese tejido pulpar radicular (25).

Contraindicaciones

Si la inflamación se ha propagado hacia el interior de los tejidos de los conductos radiculares, la pulpotomía no está indicada y debe valorarse un tratamiento de pulpectomía o de extracción del diente afectado (15, 17, 26, 27, 28, 29).

El tratamiento de pulpotomía en dientes temporales está contraindicado en cualquiera de estas circunstancias (15, 17, 26, 27, 27, 28, 29):

- presencia de inflamación de los tejidos blandos adyacentes (de origen pulpar),
- presencia de absceso o fístula,
- presencia de movilidad patológica,
- signos de degeneración de la pulpa radicular,
- imágenes radiológicas de lesión en furca o en periápice,
- reabsorción radicular patológica, interna o externa,
- imagen de ensanchamiento patológico del ligamento periodontal,
- presencia de menos de la mitad de la longitud radicular,
- calcificaciones pulpaes o ausencia de sangrado de la pulpa o excesivo sangrado tras la amputación pulpar sin posibilidad de que la hemorragia sea controlada mediante presión,
- pulpa con drenaje seroso purulento,
- historia de dolor espontáneo o nocturno,

- sensibilidad a la percusión o palpación,
- destrucción coronaria que no permita un correcto sellado de la restauración.

1.1.2. Criterios de éxito o fracaso del tratamiento

Se consideran como evidencia del éxito del tratamiento con pulpotomía la presencia, a largo plazo, de vitalidad de la mayor parte de la pulpa radicular; ausencia de síntomas o signos clínicos patológicos como dolor, tumefacción o sensibilidad; ausencia de signos radiológicos de reabsorción patológica interna y/o externa; ausencia de patología en los tejidos perirradiculares y ausencia de lesiones en los dientes permanentes de reemplazo (15, 31, 33).

Si en la fase de revisión y seguimiento del tratamiento, se evidencia alguno de los signos o síntomas mencionados estaremos ante el fracaso del tratamiento. La mayoría de las veces el fracaso de una pulpotomía se debe a la realización del tratamiento en un diente donde este tratamiento estaría contraindicado detectándose el fracaso, por lo general, en las radiografías posteriores de control, y siendo con frecuencia el primer signo la reabsorción radicular interna (34, 35). Es de destacar por tanto, la importancia de realizar un seguimiento periódico del tratamiento pulpar en dientes temporales.

2.2. Pulpotomía con formocresol

La utilización del formocresol fue introducida en 1904 por Buckley. Su fórmula es todavía en la que se basa la actual utilización del formocresol (36). En 1930 surgió una modificación del método de Buckley, sugiriendo la aplicación de una mezcla de óxido de cinc, eugenol y formocresol. Desde entonces el formocresol ha sido la elección terapéutica más empleada en el tratamiento de dientes temporales, principalmente en la técnica de pulpotomía (17, 33, 37, 38).

El formocresol es un agente fijador, que tiene capacidad momificante. Provoca una desnaturalización de las proteínas de la pulpa radicular más próxima a la cámara pulpar y difunde hacia la pulpa más apical, fijando los tejidos en mayor o menor medida (15). En la mayoría de los casos permite una reabsorción normal y exfoliación de los dientes temporales, es un germicida potente, debido a su alta alcalinidad, no provoca reabsorciones internas y presenta un elevado porcentaje de éxitos clínicos (17, 38).

Puede presentar toxicidad local, por lo que su uso en dientes temporales se asocia a una posible aparición de defectos en el esmalte de la dentición permanente subyacente, según publican Fernández y cols (39). A diferencia de estos, Ketley y Goodman (40), que en 1991 estudiaron la toxicidad del formocresol, afirman que el posible daño sobre el diente sucesor, no ha sido confirmado.

Durante muchos años el formocresol fue el medicamento más empleado en pulpotomías de dientes temporales, principalmente por su facilidad de uso y por su excelente éxito clínico. Sin embargo, se ha comprobado en múltiples estudios que posee capacidad tóxica, puede presentar características carcinogénicas y mutagénicas, y puede ser distribuido sistémicamente. Contiene cresol, que es cáustico y formaldehído

que es un producto que provoca filtraciones de células inflamatorias en los tejidos cercanos a los dientes desarrollados. La toxicidad sistémica ha sido investigada en estudios en monos y perros. Sin embargo, las grandes cantidades utilizadas en estos estudios no se asemejan a las utilizadas en el tratamiento de pulpotomía en humanos, que son mucho menores (40).

Entre los aspectos más polémicos están el potencial carcinogénico y mutagénico del formocresol. Un largo contacto con el formocresol es capaz de transformar un epitelio de precancerígeno a cancerígeno (40).

El formaldehído, componente del formocresol, está considerado con potencial carcinogénico en humanos por las organizaciones: International Agency for Research on Cancer, Health Canada; Agency for Toxic Substances and Disease Registry in the U.S. Department of Health and Human Services; y U.S. Environmental Protection Agency (41).

Aun tomando en cuenta todo lo anterior, la utilización del formocresol en dosis mínimas en los tratamientos pulpares de molares temporales no parece concretarse en riesgos tan preocupantes. Así, al valorar la presencia de formocresol en el plasma de niños sometidos a tratamiento pulpar con formocresol en molares bajo anestesia general, Kahl y cols. no detectaron la presencia de cresol en ninguna muestra. Estos resultados hacen que los autores consideren poco probable que el formocresol, cuando utilizado en las dosis recomendadas para un tratamiento de pulpotomía, posea algún riesgo para los niños (42).

Probablemente, este agente no represente un riesgo para su utilización en pulpotomías, al tratarse de pequeñas exposiciones al agente, tal como ha afirmado

Milnes, después de haber realizado una revisión bibliográfica sobre el metabolismo, farmacocinética y carcinogenicidad del formaldehído (41).

Los porcentajes de éxito clínico del formocresol, son del 80 al 99% (17, 21, 22, 23, 37, 39, 43) y de éxito radiográfico del 73 al 93% (23, 24, 32). Roberts (17), estudió en 1996, una muestra de 142 dientes vitales sometidos a pulpotomías con formocresol, obteniendo un porcentaje de éxito del 99%, tras un periodo de seguimiento de 2 años y medio. Vij y cols. (22) consideran que el éxito de las pulpotomías con formocresol es de un 70%, Fernández y cols. (39) del 95%, y Waterhouse y cols. (32), del 84%.

Por todo esto, este agente sigue siendo aceptado por la Academia Americana de Odontopediatría (AAPD), por la Food and Drugs Administration (FDA) y por la Academia Europea de Odontopediatría (EAPD) para su utilización en pulpotomías de molares temporales.

2.3. Otras alternativas al uso del formocresol

Debido a las desventajas presentadas por el formocresol los científicos han desarrollado, desde hace décadas, investigaciones con el objetivo de encontrar un material que pueda representar una alternativa más biocompatible y con mejores resultados clínicos y radiográficos (16, 20, 26, 27). Se han sugerido múltiples sustitutos, tanto farmacológicos como no farmacológicos. Sin embargo, hasta la fecha, la variabilidad de los resultados en los diferentes estudios en la investigación de las posibles alternativas al formocresol como agente para pulpotomías de dientes primarios, parece mostrar que no se ha revelado todavía ningún agente, ni ninguna técnica, que tenga el mismo porcentaje de éxitos clínicos, a largo plazo, que iguale o supere a los del formocresol (16, 20, 26, 27).

Sin embargo, en los últimos años se han observado ya algunos cambios en la elección del medicamento a utilizar en los tratamientos de pulpotomía. Comparando los registros de los departamentos de Odontopediatría de las universidades americanas, sobre la utilización del formocresol y del sulfato férrico entre los años 1997 y 2005, fue observado que, aunque el formocresol seguía siendo el medicamento de elección para pulpotomías, la utilización del sulfato férrico había tenido un aumento en su utilización respecto a 1997 (45).

Las diferencias, en cuanto al rango de éxito del formocresol, obtenidos por los diversos autores no son fácilmente explicables. Pueden deberse a diferencias en los distintos periodos de seguimiento, a la elección del diente adecuado y a ligeras diferencias en la técnica realizada (43, 17, 39, 22).

Muchos autores han concluido, tras sus investigaciones, que las alternativas al formocresol no han mostrado, en las pulpotomías, porcentajes de éxito que superen, a largo plazo, el rango de éxito del formocresol.

Sin embargo, como no debe olvidarse su capacidad lesiva, actualmente se siguen investigando materiales y técnicas que, sin presentar los inconvenientes del formocresol, demuestren una tasa de éxito similar y que se puedan indicar como alternativas al formocresol.

A continuación haremos una breve referencia a los materiales y técnicas más relevantes manifestando, ya desde este momento, que ninguna de ellas ha obtenido resultados concluyentes como alternativa al formocresol.

2.3.1. Pulpotomía con Óxido de cinc-eugenol

El óxido de cinc-eugenol (ZnOE) ha sido uno de los materiales más utilizados para tratamientos pulpares, después del formocresol. Su empleo más frecuente es referido a tratamientos de pulpectomía, pero también de pulpotomías en dientes temporales (46, 47, 48).

Se considera que este agente funciona como un cicatrizante y estimulador del órgano dentino-pulpar en la formación de dentina reparativa. También es considerado como un potente analgésico, por su rápida acción sedante (49).

La mayoría de los autores considera que se puede utilizar el óxido de cinc-eugenol en tratamientos de pulpotomía como relleno de las cámaras pulpares de dientes

temporales, una vez que se haya realizado el método de Buckley tradicional de pulpotomía al formocresol (16, 17, 24, 27, 28, 29, 32, 51, 52).

Para su uso directo en pulpotomías, sin pasar por la aplicación previa de formocresol con una bolita de algodón, muchos investigadores consideran que es conveniente añadir a la mezcla un antiséptico pulpar (generalmente el formocresol), dado que este material por sí mismo no tiene un efecto bactericida (16, 17, 24, 28, 32, 47, 48).

Sin embargo, se ha observado también en estudios *in vitro* que el formocresol no forma enlaces químicos con el cemento de óxido de cinc-eugenol, y que, probablemente, al cabo del tiempo, estos elementos se separan (53).

Por otro lado, múltiples estudios han demostrado que el óxido de cinc-eugenol provoca reacciones de inflamación crónica, afectación del tejido perirradicular y alteración en la erupción de dientes permanentes subyacentes a los dientes pulpotomizados (46).

2.3.2. Pulpotomía con Glutaraldehído

El glutaraldehído es un tipo de aldehído de bajo peso molecular. Es un producto con capacidad para fijar tejidos, que presenta un menor grado de penetración que el formocresol y provoca menos lesiones apicales y menor necrosis (20, 55). Es un germicida potente y algunos autores consideran que se trata de un agente con el que se consigue un éxito clínico elevado con un buen pronóstico (38).

Algunos autores hablan de que una concentración de glutaraldehído al 2% es suficiente y que la bolita de algodón impregnada, no debe ser escurrida a diferencia de lo que ocurre con el formocresol (23, 40).

El tiempo de aplicación de glutaraldehído fue valorado en pulpotomías con glutaraldehído al 2% en primates, con distintos tiempos de aplicación según el grupo: uno o cinco minutos. En el análisis histológico realizado 24 semanas después encontraron mejores resultados tras cinco minutos de aplicación del glutaraldehído, que aplicándolo durante un minuto (23).

En comparaciones entre el glutaraldehído y el formocresol, el primero presentó diversas ventajas con respecto al formocresol. En primer lugar, fue estimado que este producto es un mejor fijador que el formaldehído, e inicialmente más activo químicamente. Además, al permitir su utilización en menor concentración, su penetración en los tejidos está más limitada, provoca menos lesiones apicales y menor necrosis y sus productos de reacción son menos antigénicos (20, 24, 38, 40).

Sin embargo aún no han sido demostrados éxitos a largo plazo que igualen a los del formocresol (26), como es apreciable en un estudio con un rango de fallos del 18% en dientes primarios humanos, a los 25 meses después de haber recibido un tratamiento de pulpotomía usando glutaraldehído al 2%. En este mismo estudio después de 42 meses de seguimiento, los autores encontraron que los dientes tratados con glutaraldehído se reabsorbían más rápidamente que los controles con formocresol (26).

Una comparación de pulpotomías con glutaraldehído al 4% y pulpotomías con formocresol reveló unos resultados similares o ligeramente superiores para el glutaraldehído (39). Fueron alcanzados mejores resultados al aplicar el glutaraldehído al 4% durante cinco minutos, respecto a la aplicación de glutaraldehído al 2%. Esto podría

deberse, a que el aumento de su concentración y la aplicación durante periodos más prolongados son factores que aumentan el grado de fijación (23).

2.3.3. Pulpotomía con Hidróxido de calcio

El hidróxido de calcio tiene propiedades que, en teoría, pueden resultar útiles para su aplicación en tratamientos de pulpotomías de dientes temporales, como son la estimulación de formación de dentina secundaria y el hecho de que tiene un alto pH, que le otorga gran capacidad antibacteriana. Así, el hidróxido de calcio tiene la capacidad de inducir la formación de puentes cálcicos. Además presenta cierta actividad germicida, permitiendo que se conserve vital el tejido en todo el conducto cuando es aplicado en un tratamiento de pulpotomía (56).

Sin embargo presenta inconvenientes que contraindican su utilización en pulpotomías de molares temporales: produce un elevado porcentaje de reabsorciones patológicas, internas radiculares y coronarias del diente temporal, presencia de “gaps” en la barrera dentinaria que se forma, tiene elevada solubilidad en los fluidos orales, baja adhesión y gran degradación después de sufrir ataque ácido (38, 40, 57).

Las reabsorciones internas detectadas tras tratamientos pulpares no tienen una explicación totalmente aceptada hasta el momento. Heiling y cols. (58) sugieren que pueden resultar de un proceso de “embolización” por el cual las partículas de hidróxido de calcio se difunden por el tejido pulpar, formando puntos de inflamación.

En base a esto, otros autores investigaron la utilización de hidróxido de calcio fotopolimerizable en pulpotomías de dientes temporales. Compararon el éxito clínico y radiográfico de este material con el del formocresol y concluyeron que la tasa de éxito

fue inferior para los dientes tratados con hidróxido de calcio (56%) que para los dientes tratados con formocresol (94%) (59).

2.3.4. Pulpotomía con Sulfato férrico

El sulfato férrico, $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, es un agente hemostático. Aunque su mecanismo de acción no se conozca totalmente, parece ser, que produce aglutinación de proteínas sanguíneas por la reacción de la sangre con los iones férricos y sulfatos y con el pH ácido de la solución. Las proteínas aglutinadas forman tapones que ocluyen los orificios capilares (60).

En la literatura médica y dentaria no se encuentran registros de efectos tóxicos y nocivos del sulfato férrico (61).

Inicialmente, en odontología se utilizaba el sulfato férrico como agente hemostático y coagulante en cirugía oral, así como para provocar retracción gingival para la toma de impresiones (26, 28, 62, 67).

Dadas sus características y propiedades también ha sido empleado en pulpotomías de dientes temporales, demostrando buenos resultados (20, 28) con tasas de éxito clínico de 99-100% y radiográfico de 74-97% (63, 64). En otra investigación en la que compararon pulpotomías con sulfato férrico y pulpotomías con formocresol, fueron encontrados porcentajes de éxito similares para los dos materiales, aunque algo mayores para el formocresol (23).

Sin embargo, en un estudio realizado en ratas de experimentación, no fueron obtenidos mejores resultados que con el empleo de formocresol. Efectivamente, después

de 4 semanas de estudio, se apreció, en el análisis histológico, que el sulfato férrico provocó inflamación pulpar, sin diferencias significativas con respecto al grupo tratado con la técnica convencional con formocresol (65).

La pulpotomía con sulfato férrico parece ser una buena opción para pulpotomías, pero aún no ha superado a largo plazo los resultados obtenidos por el formocresol (23).

Así pues, ante la diversidad de resultados, la mayoría de los autores consideran que son todavía necesarios más estudios a largo plazo para establecer conclusiones definitivas acerca del uso del sulfato férrico en pulpotomías de dientes temporales (20, 28, 23, 22, 65, 67).

2.3.5. Pulpotomía con Pastas iodofórmicas

En la literatura científica se pueden encontrar diversos artículos sobre el uso de productos conteniendo iodoformo en tratamientos pulpares de dientes temporales infectados, en este caso principalmente en pulpectomías más que en pulpotomías. Los medicamentos más ampliamente utilizados son la pasta Vitapex® y la pasta Kri® (31, 68).

El Vitapex® (Neo Dental, Tokio, Japón; Nia Dent, Canadá), es una pasta iodofórmica formada por la mezcla de hidróxido de calcio y iodoformo (19, 48, 69, 70, 71).

Como principales ventajas del Vitapex® se refieren sus propiedades, como su facilidad de manejo, su radiopacidad y el hecho de que se reabsorbe en el interior de los

conductos pulpaes en un intervalo de semanas a meses, además de no producir alteraciones en el germen de los dientes permanentes subyacentes (70).

La pasta Kri® (Pharmachemic AG, Zurich, Suiza), es otro tipo de pasta iodoformica, y se describe en la literatura científica como la mezcla de iodoformo, camfor, p-clorofenol y mentol.

Estudios *in vitro* sobre la capacidad antimicrobiana de diversos materiales empleados en pulpectomías, han demostrado que la pasta iodoformica (Vitapex®), posee un potencial germicida menor que el formocresol, el óxido de cinc-eugenol y el hidróxido de calcio mezclado con paraclorofenol alcanforado. De hecho se vio, en estos estudios, que posee el mismo efecto antibacteriano que el grupo control en el que se empleó vaselina (37, 69).

Sin embargo, otros autores, como García-Godoy, consideran que esta pasta es un material muy efectivo para el relleno de la cámara pulpar y conductos pulpaes de dientes temporales infectados, en casos de tratamientos de pulpectomías (48).

En cuanto a la capacidad antimicrobiana contra la flora bacteriana presente normalmente en los procesos cariosos, la pasta Kri® tiene un efecto similar al óxido de cinc-eugenol o al hidróxido de calcio mezclado con agua, mientras que su actividad antimicrobiana es inferior a la del óxido de zinc-eugenol mezclado con formocresol. Aún así, hay autores que afirmaron que este producto tiene suficiente poder antimicrobiano, para ser un buen material para el tratamiento de pulpectomía (69, 72).

2.3.6. Pulpotomía con Hueso liofilizado o Hueso deshidratado

Los científicos siguen investigando materiales para sustituir los medicamentos que suponen un riesgo y que presentan desventajas clínicas, por otros sin riesgo y con éxito clínico. Según han ido surgiendo nuevos materiales para uso en otras áreas de la Odontología, se han aplicado a la Odontopediatría, en particular en los tratamientos de pulpotomía.

Un ejemplo de estas alternativas son los materiales biológicos, como el hueso liofilizado o hueso deshidratado, utilizado con frecuencia en periodoncia para la reparación de defectos óseos para regenerar hueso y cemento.

Estos materiales han sido propuestos como agentes para pulpotomía con la teoría de que podrían estimular la curación fisiológica de la pulpa amputada. Se considera que estos productos no son tóxicos y son bien tolerados por el organismo, no conduciendo a la inflamación tisular.

A pesar de que su utilización en pulpotomías de dientes temporales no está muy extendida, existen algunos estudios que muestran ciertos resultados positivos (31).

La formación de puentes de dentina fue observada en 100% de las muestras de un estudio en animales de experimentación, a los que habían realizado pulpotomías con hueso deshidratado, y en el que también fue registrada la ausencia o presencia leve de células inflamatorias. Por el contrario, en otro grupo tratado con hidróxido de calcio, los puentes dentinarios fueron detectados en solo 50% de los casos y la inflamación afectó al 100% de los casos de forma moderada o severa (73).

Otro estudio posterior demostró que la aplicación de hueso liofilizado en pulpotomías de molares de animales de experimentación producía signos de

inflamación pulpar y sólo algunas pruebas leves de reparación tisular mediante formación de puentes dentinarios (74).

2.3.7. Pulpotomía con Colágeno

El colágeno es otro material biológico que ha sido utilizado en pulpotomías, obteniéndose en este caso resultados muy variables. Se considera que las preparaciones de colágeno acarrear un riesgo mínimo de causar reacciones inmunológicas adversas, no presentan antigenicidad ni estimulan la producción de anticuerpos (20).

En pulpotomías de dientes temporales de animales de experimentación, la utilización de colágeno (Zyderm®) presentó un alto rango de fracaso. Esto se puede atribuir a que la forma comercial no mantenga las características curativas del colágeno original, ya que posiblemente no permite un correcto sellado del área tratada, permitiendo el paso de sustancias tóxicas hacia el tejido pulpar y perirradicular (75).

2.3.8. Pulpotomía con Proteínas osteogénicas

Las proteínas osteogénicas (BMP), también utilizadas inicialmente en tratamientos de periodoncia, estimulan no sólo la formación de cartílago y hueso en implantaciones intra y extra esqueléticas in vivo, sino también la dentinogénesis y, por tanto, la formación de puentes dentinarios en dientes (24). Las propiedades de las BMP parecen derivar de su papel regulador en la diferenciación celular y se ha observado la presencia de receptores específicos para estas proteínas en la pulpa dental (55).

El mecanismo de acción de las BMP comienza por una respuesta inmune celular, seguida de una reabsorción de las BMP y una proliferación de células mesenquimales, acompañada de una invasión vascular. En un estudio sobre su aplicación en los tratamientos de pulpotomía fue demostrado que, 4 semanas después de su aplicación, se podían observar osteoblastos y dentinoblastos formando una matriz en algunas zonas de la pulpa tratada y que 4 semanas más tarde, los odontoblastos forman dentina tubular próxima a la osteodentina, demostrando la posibilidad de que las BMP estimulen la mitosis de las células mesenquimales e induzcan la diferenciación de osteodentinocitos (76).

La utilización de proteínas osteogénicas en asociación con colágeno en pulpotomías de dientes de animales de experimentación, no indujo la deposición de tejido mineralizado, llevando, incluso, a la formación de lesiones periapicales visibles radiográficamente (77).

Son necesarios más estudios, y a largo plazo, de estos materiales, que permitan establecer conclusiones al respecto de su indicación como alternativa al formocresol en pulpotomías de molares temporales (55).

2.3.9. Pulpotomía con Láser

En la actualidad, la utilización del láser, presenta una tendencia ascendente, principalmente por el hecho de que no se trata de un medicamento y, además, como sugieren algunos autores, determinados tipos de láser como los que contienen erbio, pueden estimular la capacidad de reparación de la pulpa. Idealmente, la irradiación de la cámara pulpar con láser provocaría un área superficial de coagulación y necrosis

compatible con la vitalidad del tejido pulpar subyacente (24, 36). Se considera que, con este método, se consigue aumentar la reparación, estimular la dentinogénesis y preservar la vitalidad de la pulpa radicular (24, 78).

El láser presenta múltiples acciones biológicas entre las cuales se destacan su acción analgésica, antibacteriana y antiinflamatoria, así como su capacidad de estimulación del metabolismo celular, de la proliferación de fibroblastos, del sistema inmunitario y del sistema de coagulación. Los efectos más importantes que se han detectado en el tejido dentario son su acción esterilizadora y su capacidad para modificar la estructura cristalina (reestructuración y recristalización del cemento, esmalte y dentina) (78, 79, 80).

Al comparar los resultados clínicos y radiográficos de la utilización de formocresol y del láser Nd:YAG en pulpotomías de molares temporales, se observó, a los 64 meses, un éxito clínico y radiográfico superior en los molares tratados con láser (97% y 94,1%, respectivamente) que en los molares tratados con formocresol (85,5% y 78,3%). En los molares tratados con láser, se observó la ocurrencia de calcificación de los canales 6 a 9 meses después del tratamiento en 33,8% de los molares, y cuanto más largo el periodo de observación, más calcificación de los canales fue verificada (81). Además, los dientes permanentes sucesores a los molares temporales tratados con laser Nd:YAG no presentaron ninguna complicación (81). La metamorfosis calcificante ocurrida se podría atribuir a la actividad odontoblástica con inicio después del tratamiento, sugiriendo que la pulpa mantiene algún grado de vitalidad y función (82).

La realización de pulpotomías con láser de carbono, exhibió éxito clínico en la valoración de los molares 90 días después de su tratamiento. Sin embargo, el análisis histológico de los dientes después de su extracción, reveló que se había producido

reabsorción interna en algunos molares, y que en ninguno de los casos se presentó la formación de un puente dentinario (83).

De las investigaciones valoradas parece ser que la técnica tradicional de pulpotomía al formocresol exhibe mejores resultados histológicos que este nuevo sistema propuesto (19, 83).

2.3.10. Pulpotomía con Electrocoagulación

La electrocoagulación puede definirse como la aplicación de una corriente alterna de alta frecuencia cuyo efecto termal se usa para destruir o seccionar los tejidos vivos. Existe hemorragia después de su utilización, aunque muy reducida.

Los bisturís eléctricos pueden trabajar de cuatro maneras: coagulando, disecando, por electro-desección y por fulguración.

Los autores que han investigado el uso de este sistema en pulpotomías de dientes temporales, recomiendan el empleo de la función corte-coagulación para estos procedimientos (84). A través de la utilización del bisturí eléctrico, se consigue desvitalizar la pulpa cameral, en este caso, de forma física, al revés de lo que sucede cuando se utiliza el formocresol, en que esta desvitalización ocurre de forma química (20, 24).

Los resultados clínicos obtenidos con este método son similares o los obtenidos con el formocresol. En cambio, los resultados histológicos son menos determinantes (36, 24).

Al comparar histológicamente dientes temporales de animales de experimentación tratados mediante pulpotomía con formocresol o por electrocoagulación fue observado que, después de un máximo de 6 meses de estudio, la respuesta tisular de la pulpa tratada era muy similar en ambos grupos (85).

La aplicación de electrocoagulación previa a la aplicación de hidróxido de calcio, en tratamientos de pulpotomía en animales de experimentación, también produjo buenos resultados (86).

Sin embargo, también se recogen en la literatura científica resultados desfavorables con el empleo de electrocirugía en pulpotomías de dientes temporales, sugiriendo que la técnica con electro-bisturí no mantiene la pulpa en condiciones vitales evolucionando incluso hacia la necrosis de la misma (87). En estos tratamientos también fue observada una intensa infiltración celular inflamatoria, mostrando la formación de abscesos en el periodonto, lo que indica que la curación completa no se logra a pesar de la formación de puentes dentinarios. Estos hallazgos demuestran que el formocresol es histopatológicamente superior a la electrocirugía en el tratamiento de pulpotomía (20, 87).

2.3.11. Resumen del estado actual de las alternativas al formocresol

De la revisión de la literatura científica disponible sobre todas estas alternativas para los tratamientos de pulpotomía, llegamos a la conclusión de que no podemos proponer ninguno de ellos como sustituto definitivo al formocresol, dado que ninguno de los estudios ha llegado a mostrar mejores niveles de éxito clínico y radiográfico, a largo plazo, que los obtenidos con el formocresol.

2.4. Nuevas alternativas. El Agregado Trióxido Mineral

En la década de los 90 surgió un nuevo material, el Agregado Trióxido Mineral (MTA), desarrollado en la Universidad de Loma Linda (California). Es un material que fue descrito por primera vez en la literatura especializada en 1993 por Lee, Monsef y Torabinejad (88) y patentado en 1995 por Torabinejad y White (89).

Desde entonces este material ha sido investigado y empleado en múltiples y diversas intervenciones quirúrgicas y no quirúrgicas en el ámbito odontológico. En 1998 fue aprobado por la Food and Drug Administration americana. En estos años ha sido objeto de numerosas investigaciones con resultados muy esperanzadores en cuanto a su utilización en tratamientos pulpares.

En España, el MTA se empezó a comercializar con el nombre ProRoot® por Maillefer-Dentsply (Tulsa Dental). El MTA que se comercializó inicialmente presentaba una coloración Gris (MTA Gris). En el año 2002 surgió una nueva fórmula, de coloración blanca (MTA Blanco), que sustituyó a la fórmula anterior (90). (Figura 2)

En Brasil se empezó por comercializar el MTA Gris en el año 2001 con el nombre Angelus® por la casa comercial Angelus Soluções Odontológicas (Brasil). En el año 2003 surgió el MTA-Angelus® de coloración blanca. En el año 2005 el MTA-Angelus® se empezó a comercializar en Portugal por la casa comercial Surgik y, más recientemente, fue introducido en el mercado Español por la casa comercial Endovations.

Los artículos de investigación científica citados en este trabajo se refieren, mayoritariamente, a estudios realizados con MTA ProRoot®, existiendo algunas excepciones debidamente identificadas.



Figura 2. MTA Gris y MTA Blanco de la marca ProRoot® y su aspecto recién mezclado.

2.4.1. Composición y manejo

El MTA es un polvo que consiste en finas partículas hidrofílicas y que fragua en presencia de humedad. Este polvo es, fundamentalmente, cemento tipo Portland refinado, que está formado por compuestos cálcicos. Así los principales componentes del MTA son, en un 75% compuestos cálcicos como silicato tricálcico (3Ca-SiO_2), aluminato tricálcico ($3\text{CaO-Al}_2\text{O}_3$), silicato dicálcico (2CaO-SiO_2) y aluminato férrico tetracálcico ($4\text{CaO-Al}_2\text{O}_3$); un 20% de óxido de bismuto (Bi_2O_3); 4,4% por sulfato de calcio dihidratado ($\text{CaSO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$) y sílica cristalina; y finalmente por residuos

insolubles como óxido de calcio, óxido de magnesio y sulfato de potasio y sodio en un 0,6% (91-95).

Algunos autores no describen la presencia de óxido de bismuto en la constitución del MTA (96, 97, 98), lo que puede deberse a que en estos estudios los autores han utilizado una versión prototipo del MTA, que no contenía ningún agente radiopaco, en contraste con la versión comercializada del MTA (93).

Imágenes de electrones dispersos demostraron que el MTA está compuesto por pequeñas partículas irregulares con presencia de algunas partículas más grandes y alargadas. Se considera que las partículas más alargadas corresponden al óxido de bismuto (93).

Al ser un cemento tipo Portland, podría surgir la inferencia de que este último pudiera ser utilizado como sustituto al MTA. Por este motivo es importante enfatizar que el cemento Portland y el MTA no son materiales idénticos. El MTA presenta un tamaño medio de partículas más pequeño, contiene menos metales pesados tóxicos, posee un mayor tiempo de manejo y es sometido a un procesamiento de purificación adicional (99, 100). Además, el MTA presenta en su constitución, a diferencia del cemento Portland, el óxido de bismuto para hacerlo radiopaco para uso dental (93).

El polvo debe mezclarse con agua estéril a una ratio de 3:1 en una loseta de vidrio o papel con la ayuda de una espátula de plástico o de metal. La mezcla puede llevarse en un transportador de plástico o metal a la zona operatoria. Si la preparación presenta demasiada humedad, se hace difícil condensar el MTA. Así, el exceso de humedad se puede eliminar con un trozo seco de gasa, espuma, o algodón. En casos en que la mezcla esté muy seca, se puede añadir más agua a la mezcla hasta obtener una consistencia pastosa. Como el MTA requiere humedad para fraguar, dejar la mezcla en

una loseta de vidrio o papel dará lugar a una deshidratación del material y a una mezcla seca y arenosa (88, 91, 92, 96, 101-104).

Con la hidratación, el MTA forma un gel coloidal (90, 94, 95, 96) que solidifica en una estructura dura en un tiempo aproximado de 2 a 4 horas (90, 91, 96), en presencia de la humedad de los tejidos circundantes que favorece la reacción de fraguado (88).

Los principales constituyentes, silicato tricálcico (3Ca-SiO_2) y silicato dicálcico (2CaO-SiO_2), reaccionan con el agua produciendo una sal hidratada pobremente cristalizada e hidróxido de calcio (90).

Para una correcta manipulación del material, se considera que el MTA debe mezclarse, tal como recomiendan los fabricantes y diversos investigadores, inmediatamente antes de usarlo. El polvo de MTA es presentado en sobres herméticamente sellados. Después de abierto, el material debe guardarse en recipientes con tapas herméticas y lejos de la humedad (88, 91, 96, 101-104).

En cuanto a la condensación del MTA en el área de tratamiento, fue sugerido que su colocación a través de técnicas de condensación manual proporciona la aparición de menor porosidad que cuando la condensación se efectúa por técnicas ultra-sónicas, en prácticas simuladas (105). Por otro lado, el estudio de los efectos de la presión de condensación en algunas propiedades físicas del MTA, a través de la realización de pruebas de microdureza y de valoración de la resistencia a la compresión, demostró que la presión de condensación puede afectar la resistencia y dureza del MTA. Existe una tendencia a que presiones de condensaciones más elevadas produzcan una disminución en la dureza superficial del material y una reducción de la formación de cristales, debido a la falta de espacio para las moléculas de agua (106).

2.4.2. Propiedades del MTA

Con la introducción en el mercado del MTA Gris, los científicos abrieron innumerables líneas de investigación científica para estudiar las propiedades y características de este material, que se pueden leer a continuación.

A. Valor del pH

El MTA hidratado presenta un pH inicial de 10,2 que aumenta a 12,5 tres horas después de la mezcla del polvo con agua estéril, pudiendo este valor disminuir un poco, pasado este tiempo (91, 104, 107, 108, 110).

El elevado valor del pH del MTA ha llevado a algunos autores a afirmar que la actividad biológica de este material es debida a la formación de hidróxido de calcio, por la reacción del silicato tricálcico (3Ca-SiO_2) y del silicato dicálcico (2CaO-SiO_2) con el agua, en el momento de fraguado. Incluso se sugiere que el MTA podría considerarse como hidróxido de calcio contenido en una matriz de silicato (90, 93, 109-112).

Los valores de pH inicial y pos-fraguado obtenidos por Torabinejad y cols. en sus estudios fueron confirmados por otros autores en estudios posteriores (93, 108, 110). Sin embargo, en un estudio más reciente, fue obtenido un valor de pH máximo de 9,36. Los autores sugieren que esta discrepancia de resultados podría deberse a la diferente metodología seguida, ya que Torabinejad y cols. realizaron la medición del pH directamente en el material a través de la utilización de microelectrodos, mientras que en este estudio el material fue insertado en tubos con agua desionizada y posteriormente valorado el pH (108).

B. Radiopacidad

En el registro de la patente del MTA se puede observar que el bismuto es un componente añadido al MTA para conferir la radiopacidad (89). La única diferencia entre la composición del MTA y del cemento Portland es, justamente, el óxido de bismuto presente en el MTA (93, 113). Además, se puede encontrar una correlación positiva entre la concentración de óxido de bismuto en los materiales MTA ProRoot, cemento Portland y cemento Portland con óxido de bismuto añadido y la radiopacidad por ellos exhibida (114).

El método normalmente utilizado para la valoración de la capacidad de sellado radicular de un material (ISO 6876, sección 7.7) implica que el material presente por lo menos una radiopacidad equivalente a 3 mm de aluminio (mm Al). Según este método, el MTA presentó una radiopacidad de 6,53 mm Al, frente a 0,96 mm Al del cemento Portland, lo que hace con que pueda estar indicado como un buen material de sellado radicular (113). Otros autores han encontrado una medida de radiopacidad del MTA de 7,17 mm Al (91).

C. Resistencia a la compresión y factores modificadores

En los diferentes estudios llevados a cabo con MTA, se vio como la resistencia a la compresión de este material aumenta en presencia de humedad hasta 21 días después de la mezcla (96) alcanzando finalmente un valor aproximado de 70 Mpa (91, 96, 101, 115). Así, se ha podido concluir que aunque inicialmente la resistencia a la compresión del MTA resulta ser menor que la de algunos materiales con las mismas indicaciones de aplicación, el valor final de esta resistencia es comparable al del IRM® y del Super-

Eba®, pero significativamente menor que el de la amalgama, que es de 311 Mpa (91, 96, 101).

Comparando la variación de la micro-dureza y del proceso de hidratación del MTA cuando éste se encuentra en condiciones de pH fisiológico (pH 7) y cuando se encuentra expuesto a un valor de pH 5 correspondiente a entornos inflamatorios, se puede concluir que el MTA es inversamente afectado por estas variaciones, es decir la microdureza del MTA aumenta según disminuye el pH (116).

El efecto de mezclar el polvo de MTA con otros líquidos y aditivos, en lugar del agua esterilizada suministrada por el fabricante, puede producir efectos en el tiempo de fraguado y en la resistencia a la compresión de este material que variará según el líquido elegido (117).

Así, fue demostrado que la utilización de soluciones de 3 y 5% de cloruro de calcio, de un lubricante a base de agua, o de geles de hipoclorito disminuyen el tiempo de fraguado del MTA. Sin embargo, en estos casos, la resistencia a la compresión final fue significativamente más baja que la obtenida cuando la mezcla era efectuada con agua estéril. Por el contrario, al proceder a la mezcla del polvo de MTA con una solución anestésica con 2% de lidocaína, el tiempo de fraguado aumentó, pero la resistencia a la compresión no fue significativamente afectada. Al proceder a la mezcla del polvo de MTA con gel de gluconato de clorhexidina no ocurrió ninguna reacción de fraguado (117).

Dado que se considera que la reacción de fraguado del MTA, tal como la del cemento Portland, es una reacción de hidratación, parece razonable afirmar que tiene que estar disponible suficiente cantidad de agua en los líquidos para la preparación del MTA. Además, es lógico pensar que el líquido elegido para la preparación deba también

poseer agua con una capacidad de difusión necesaria para que esté disponible para la reacción de hidratación. Se pueden considerar diferentes soluciones en el preparado del MTA en vez de agua estéril, pero hay que valorar las posibles ventajas que se puedan obtener para el potencial terapéutico versus la pérdida de propiedades físicas del MTA en estas situaciones (118).

D. Fuerza de retención

La retención del MTA en una cavidad aumenta con el aumento del área de superficie. Hachmeister y cols. concluyeron en una investigación que una capa de 4mm de profundidad de MTA presenta más resistencia al desplazamiento que una capa de 1mm (119).

En casos de reparaciones de perforaciones radiculares, la contaminación con sangre de la dentina radicular parece afectar la fuerza de retención del MTA, ya que se observó que esta fuerza fue menor en estos casos que la observada en casos de dentina radicular no contaminada (120).

E. Capacidad de sellado y solubilidad

Cuando el MTA es utilizado como material de reparación de perforaciones son necesarios 3 días para que el MTA ejerza su buena capacidad de sellado (121).

Comparando, *in vitro*, la capacidad de sellado del MTA en su aplicación como material de obturación retrógrada, con la capacidad de sellado de la amalgama y del super EBA, no fue encontrado ningún caso de microfiltración en los dientes tratados

con MTA, mientras que el 20% de los dientes tratados con super EBA y el 56% de los dientes tratados con amalgama demostraron haber sufrido microfiltración (122).

Cuando termina el proceso de fraguado del MTA ocurre una expansión higroscópica, lo que favorece su capacidad de sellado y de prevenir microfiltraciones (98, 123) y se forma una matriz porosa caracterizada por la presencia de capilares internos y canales de agua. Según parece, el aumento de la proporción líquido/polvo produce más porosidad y aumenta la solubilidad de este material, al contrario de lo que sucede utilizando una proporción adecuada en cuyo caso la solubilidad no se modifica con el paso del tiempo (110).

En un estudio en que compararon el MTA con el hidróxido de calcio en pulpotomías, observaron que no ocurría la formación de una barrera dura, ni siquiera ocurría deposición de matriz de dentina en la pulpa expuesta cuando existía microfiltración entre el diente y el material adaptado en la cavidad, o cuando se hallaron bacterias en la herida pulpar. En estas situaciones, la respuesta inflamatoria intensa y la desorganización tisular caracterizaban el fracaso pulpar (124), demostrando la relación entre el sellado marginal y la presencia/ausencia de inflamación.

Idealmente, un cemento debe bloquear la migración bacteriana hacia los tejidos pulpares y periodontales para ayudar a controlar infecciones y prevenir su recurrencia. La solubilidad es un factor directamente relacionado con la capacidad de sellado así como con los cambios dimensionales (125).

La capacidad de sellado del MTA en un ambiente acuoso puede estar comprometida durante las primeras 72 horas debido a la excesiva solubilidad del material, lo que puede afectar la organización de las partículas en las paredes de la cavidad dentinaria (125).

La presencia o ausencia del barrillo dentinario también influye en la capacidad de sellado del MTA (126, 127). Tahsin y cols. demostraron a través de la comparación de dos grupos: un grupo en el que los dientes fueron irrigados con hipoclorito al 5,25% y otro grupo en el que realizaron irrigación con EDTA al 17% para remoción del barrillo dentinario además del hipoclorito al 5,25%, que en los dientes en los cuales habían removido el barrillo dentinario ocurrió más microfiltración que en los dientes en los que el barrillo no había sido eliminado (127).

También Kubo y cols. evaluaron *in vitro* la capacidad de sellado del MTA en su utilización como cemento para obturaciones a retro en raíces previamente tratadas con agentes desmineralizantes para remoción del barrillo dentinario. Los agentes utilizados fueron el ácido ortofosfórico al 35% durante 15 segundos, solución de EDTA al 17% durante 3 minutos y gel de EDTA al 24% durante 4 minutos. Para cuantificar el nivel de filtración marginal utilizaron un tinte (2% de rhodamine B, a 37°C, durante 24 horas) y realizaron la medición de la penetración de tinte utilizando microscopía. La extensión de penetración de tinte fue de 2,18 mm en las raíces tratadas con ácido ortofosfórico, 2,54 mm en las raíces tratadas con solución de EDTA al 17% y 2,64 mm en las raíces tratadas con gel de EDTA al 24%. Basándose en los resultados obtenidos, los autores concluyeron que la aplicación de agentes desmineralizantes no se puede recomendar cuando se pretende utilizar MTA como material de relleno radicular (126).

F. Biocompatibilidad y respuesta celular e inmunológica

La biocompatibilidad es una de las propiedades más importantes de un material cuando va a ser empleado en contacto directo con tejidos vivos. Todos los materiales utilizados en odontología tienen que ser previamente evaluados para proteger la salud de

los pacientes. Esta evaluación se realiza en 4 fases: evaluación de la toxicidad general, evaluación de la irritación tisular local, estudio preclínico y evaluación clínica (128).

La biocompatibilidad del MTA ha sido valorada tanto en estudios *in vitro* como en estudios *in vivo* que han demostrado que se trata de un material biocompatible (97, 99, 101, 124, 129).

El hidróxido de calcio es el principal componente liberado por el MTA en un ambiente húmedo (96). Su presencia contribuye para que el MTA sea altamente alcalino (pH 12,5), lo que favorece su biocompatibilidad (97, 99, 129, 130).

Al comparar el efecto del MTA en la viabilidad celular y capacidad de mineralización de células pulpaes de ratas de experimentación, con el efecto del Dycal (Dentsply Caulk, Milford, DE) y del Superbond C&B (SB; Sun Medical, Shiga, Japan), fue demostrado que el MTA presenta una gran capacidad de estimular la mineralización, superior en un 60% a los otros materiales. Por otro lado, el MTA no exhibió citotoxicidad, al igual que el Superbond, pero a diferencia del Dycal. Además, el MTA aumentó la producción de la proteína BMP-2 (proteína ósea morfogenética) en cerca de 40%, mientras que el Dycal la disminuyó, sugiriendo este resultado que la BMP-2 podría desempeñar un papel importante en la mineralización estimulada por el MTA (73).

Se ha demostrado que el MTA es menos agresivo para la pulpa que el hidróxido de calcio (124). Evaluaciones histológicas de pulpas sobre las que se había aplicado MTA demostraron que, cuando se utiliza MTA, se forma una capa necrótica más fina que cuando se utiliza hidróxido de calcio.

Souza Costa y cols. realizaron un estudio en que valoraron los efectos citotóxicos y la respuesta pulpar provocada por la aplicación de MTA y el hidróxido de calcio *in vivo* en pulpotomías e *in vitro* al aplicar estos materiales en culturas de células pulpares (124). En sus resultados del experimento *in vivo*, observaron que la respuesta pulpar en las pulpotomías realizadas con MTA fue similar a la respuesta pulpar en las pulpotomías realizadas con el hidróxido de calcio. Sin embargo, observaron que, en los dientes tratados con hidróxido de calcio, la barrera dura que se formaba presentaba una forma convexa mientras que en los dientes tratados con MTA la barrera presentaba una disposición horizontal. Esto lo justifican por la cauterización del tejido conectivo que ocurre después de la aplicación del hidróxido de calcio en el tejido pulpar remanente. Afirman que esta característica histológica determina que el hidróxido de calcio provoca una mayor necrosis de las células adyacentes a la zona de recubrimiento de la pulpa. Sugieren que la fina capa de tejido necrótico que se forma adyacente al MTA es debida, por lo menos en parte, al bajo pH inicial que presenta este material (124). En el experimento *in vitro* los autores confirmaron el bajo efecto tóxico del MTA. Concluyeron que, a pesar de que se haya observado una respuesta pulpar similar para ambos materiales, parece que, en los casos en que se utiliza MTA, se forma una capa necrótica más fina y una barrera dura horizontal, demostrando que el MTA es menos agresivo que el hidróxido de calcio (124).

Los componentes solubles del MTA recién mezclado y del MTA fraguado presentan habilidad para solubilizar proteínas de la matriz de dentina que, potencialmente influyen en eventos de respuesta celular para la reparación y regeneración de dentina (132).

Tomson y cols. estudiaron estos componentes solubles y su habilidad para solubilizar proteínas de la matriz de dentina. Además, valoraron si este extracto contenía

moléculas de señalización importantes para la reparación y regeneración pulpar. Estos datos fueron comparados con los mismos parámetros estudiados en el hidróxido de calcio. En la solución de MTA encontraron: aluminio, calcio, potasio e iones de sodio. Las soluciones de MTA y de hidróxido de calcio liberaron cantidades similares de glicosaminoglicanos y proteínas no-colagenosas. Los autores concluyeron que estos resultados indican que, cuando son aplicados clínicamente, los componentes solubles del MTA recién mezclado y fraguado, desencadenan una respuesta celular en el sentido de favorecer la reparación y regeneración de dentina (132).

Para valorar la citotoxicidad del MTA, Keiser y cols. (153) realizaron una investigación en la que procedieron a la comparación del MTA con el Super-EBA (Harry J. Bosworth, Skokie, IL) y una amalgama de fase dispersa (Dispersalloy Dentsply Caulk, Milford, DE). Para ello obtuvieron fibroblastos del ligamento periodontal de las raíces de terceros molares superiores humanos impactados, que fueron extraídos y colocados en *Medio de Eagle Modificado de Dulbecco* (MEMD) (Life Technologies, Inc., Grand Island, NY) a 4°C. Los materiales fueron mezclados según las recomendaciones del fabricante y colocados en el fondo de unos recipientes de cultivo hasta alcanzar un grosor de 5mm aproximadamente. Estas muestras fueron divididas en dos grupos: en el primer grupo incluyeron todos los materiales recién mezclados, mientras que en el segundo grupo dejaron que los materiales fraguasen durante 24h a 37°C con una humedad relativa del 100%. En los resultados los autores encontraron que en el grupo de mezclas frescas, tanto a menor como a mayor concentración del extracto, el material que presentó menor toxicidad fue el MTA. En la muestra fraguada en 24 horas, también en ambas concentraciones del extracto, el material que presentó menor toxicidad fue el MTA. Los autores concluyeron que en su investigación el MTA demostró ser menos tóxico para las células del ligamento

periodontal humano que el Super-EBA y la amalgama. Afirmaron que, dentro de los parámetros de una evaluación *in vitro*, este estudio apoya el uso del MTA en el ambiente periapical (133).

El MTA presenta un valor de toxicidad más bajo que el hidróxido de calcio, el sulfato férrico, el formocresol diluido o la solución de Buckley's (134). Esto lo demostraron Menezes y cols. en un estudio *in vitro* en que la sustancia que presentó el valor de toxicidad más elevado fue la solución de Buckley's mientras el MTA fue el que presentó el valor de toxicidad más bajo y el hidróxido de calcio presentó una toxicidad 10 veces más elevada que el MTA. Los autores consideran que el MTA es el material para terapia pulpar vital más prometedor, en sustitución al formocresol (134).

El MTA induce una menor inflamación periapical y respuesta tisular que el óxido de zinc eugenol, cuando es utilizado como material de relleno apical, tal como demostraron Bernabé y cols. (135), en un estudio en el que compararon la respuesta histológica asociada a la utilización de MTA con la respuesta asociada a la utilización de óxido de zinc eugenol, como materiales de relleno apical en dientes de perros (135).

En ese estudio (135), los dientes fueron divididos en dos grupos y cada grupo en dos subgrupos: dientes en los cuales los conductos radiculares no estaban rellenos y las cavidades de acceso no estaban obturadas (abiertos) y dientes con conductos rellenos y cavidades obturadas (cerrados). Obtuvieron una diferencia significativa entre los niveles de inflamación en los tejidos periradiculares del grupo MTA/cerrados, comparado con el grupo OZE/abiertos y OZE/cerrados, pero no entre los grupos MTA/cerrados y MTA/abiertos. Además, observaron la formación de cemento en todos los dientes del grupo MTA y en ningún diente del grupo OZE. Concluyeron que la utilización de MTA está asociada a una menor inflamación periapical y respuesta tisular cuando es utilizado

como material de relleno apical, incluso cuando no está presente ningún relleno radicular ni obturación coronal (135).

La asociación de MTA a células madre mesenquimales, involucradas en la reparación dentaria a través de la activación de factores de crecimiento y con habilidad para regenerar el complejo dentino-pulpar, demostró, por microscopia de luz utilizada para valorar la toxicidad del material, que el MTA, no sólo no provocó muerte celular, sino que además, favoreció la proliferación y adhesión celular (136).

Para intentar mejorar la manejabilidad del MTA, algunos autores han sugerido la asociación de algunas sustancias a la mezcla. Jafarnia y cols. estudiaron el efecto de la asociación de lidocaína al 2%, solución salina, CaCl_2 al 5% o gel de NaOCl al 3% y afirmaron que ninguno de los aditivos utilizados ejercía efecto en la citotoxicidad del MTA una vez fraguado y que únicamente el gel de NaOCl al 3% producía una alteración de la citotoxicidad del MTA cuando estaba recién mezclado. Los autores concluyeron que el MTA es biocompatible incluso cuando está mezclado con diversos aditivos (137).

G. Capacidad antimicrobiana

Se reconoce al MTA capacidad antimicrobiana frente a algunas especies, como se puede comprobar en el estudio *in vitro* realizado por Cepowicz y cols. en el que estudiaron la capacidad antimicrobiana del MTA frente a *Streptococcus mutans*, *Streptococcus sanguis* y *Streptococcus salivarius* y demostraron su efectividad, incluso 8 días después de su aplicación (138).

El MTA presentó actividad antimicrobiana frente a algunas bacterias facultativas en un estudio de Torabinejad y cols. Sin embargo, no fue encontrada actividad frente a *Enterococcus faecalis*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* y *E. coli* o frente a bacterias anaeróbicas (139).

El MTA tampoco reveló actividad frente a *S. aureus*, *E. faecalis*, *P. aeruginosa*, *B. subtilis* o *C. albicans* el estudio de Estrela y cols. (140), así como frente a *E. coli* en el estudio de Sipert y cols. (141). Sin embargo, al estudiar la capacidad anti-fúngica del MTA, Al-Nazhan y cols., demostraron que tanto el MTA acabado de mezclar como el MTA después del fraguado presentan capacidad de inhibición de la *C. albicans* (142).

La actividad antimicrobiana del MTA frente a *Enterococcus faecalis* y *Streptococcus sanguis* fue valorada por Al-Hezaimi y cols. que realizaron un estudio *in vitro* en el que valoraron este parámetro, a través de una prueba en tubo de dilución. En este estudio sí que obtuvieron una correlación directa entre la concentración de MTA y el efecto antibacteriano. Tubos conteniendo MTA en concentraciones de 50, 25 y 12.5 mg/ml, no presentaron crecimiento de *S. sanguis* ni de *E. faecalis* en ningún momento. Además, los tubos con 6.25 y 3.12 mg/ml tampoco presentaron crecimiento de *S. sanguis*. Los autores sugieren que podría existir una diferencia de susceptibilidad al MTA entre el *E. faecalis* y el *S. sanguis*, ya que este último se demostró más susceptible al efecto antimicrobiano del MTA, incluso para concentraciones más bajas (143).

Otro grupo de investigadores evaluó y comparó la actividad antibacteriana de diversos materiales utilizados en sellados radiculares apicales: MTA, amalgama, material intermedio de restauración (IRM[®]), Super Bond C&B[®], Geristore[®], Dyract[®], composite Clearfil PAX[®] y SE Bond[®]. La investigación consistió en evaluar el crecimiento de las especies bacterianas *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis* y

Pseudomonas aeruginosa. Los materiales fueron evaluados justo después de su preparación, en fresco, y 3 días después del fraguado. En cada muestra, colocaron 10 microlitros de suspensión de bacterias en contacto directo con el material y procedieron a la medición del crecimiento de las bacterias que habían sobrevivido. En sus resultados se aprecia que en las muestras frescas de todos los materiales ocurrió un retraso de 3 horas en el crecimiento exponencial de las bacterias *E. faecalis* y *S. aureus*, y un retraso de 5 horas en el crecimiento de la *P. aeruginosa*. Las muestras de IRM y MTA fraguados demostraron, en general, una mayor actividad antibacteriana que los otros materiales: ambos inhibieron completamente la *P. aeruginosa* y ambos retrasaron o limitaron el crecimiento de *E. Faecalis*. Los autores concluyeron que estos dos materiales fueron, generalmente, inhibidores del crecimiento bacteriano más potentes que los otros materiales en el estudio (144).

La efectividad de la utilización de MTA conjuntamente con agentes antibacterianos como: solución de Cipro HC Otic, formocresol y solución Otosporin Otic en la curación de pulpas dentarias previamente contaminadas de monos de experimentación fue comparada con la utilización de OZE asociado a las mismas soluciones por Cannon y cols. (145).

Los tejidos que habían sido tratados con suspensiones Otic demostraron histológicamente una inflamación significativamente menor que los tejidos tratados con formocresol. Los puentes de tejido duro que se formaron eran más organizados en el grupo en el que habían colocado MTA que en el grupo donde habían aplicado OZE. Los autores concluyen que las suspensiones Otic y el MTA son efectivos en el tratamiento de pulpas infectadas y que estimulan la producción de puentes de tejido duro en la zona de exposición pulpar (145).

Cuando, en estudios *in vitro*, al polvo de MTA se asocia polvo de dentina humana, parece ser que se produce la eliminación de bacterias más rápidamente que únicamente con polvo de MTA. Zhang y cols, compararon *in vitro* la efectividad antibacteriana del MTA con la de una mezcla de MTA con polvo de dentina humana, frente al *Enterococcus faecalis*. El polvo de MTA presentó efectividad en la eliminación bacteriana y provocó un descenso significativo en la viabilidad bacteriana al cabo de 6 minutos. El polvo resultante de fracturas de MTA fraguado fue igualmente o más efectivo que el MTA fresco y la mezcla de MTA con polvo de dentina humana en proporciones iguales produjo una eliminación de las bacterias todavía más rápida (146).

También existen estudios en los cuales no fue demostrada la actividad antibacteriana del MTA, como es el caso de un estudio realizado por Miyagak y cols. en el que fue evaluada la actividad antimicrobiana de algunos materiales utilizados en endodoncia, en concreto AH Plus[®] (Dentsply DeTrey GmbH, Germany, 2003), cemento Portland (Barroso, São Paulo, Brazil, 2003), N-Rickert (São Paulo, Brazil), Pro Root[®] MTA (Dentsply DeTrey GmbH, Germany, 2003) y Sealapex[®] ((Kerr Corp, USA, 2003) frente a los microorganismos *Candida albicans*, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*. No fue observada actividad antimicrobiana en el cemento Portland ni en el MTA (147).

2.4.3. Diferencias entre el MTA Gris y el MTA Blanco

Hasta el 2002, el MTA Gris fue la única fórmula de MTA disponible para uso clínico. En ese año, fue introducido en el mercado el MTA de coloración blanca, para hacer frente a algunos problemas estéticos con el MTA de coloración Gris, dado que se observó que éste originaba coloraciones en los dientes en los que se aplicaba (90, 148).

Sin embargo, desde 2003, el fabricante introdujo alteraciones en el tamaño de los cristales de ambos tipos de MTA, Gris y Blanco, afectando potencialmente algunas propiedades físicas de la nueva formulación. Algunos autores sugirieron que el MTA Gris y el MTA Blanco podrían presentar más diferencias además del color (149).

A. Diferencias en la composición

Varios autores estudiaron las diferencias entre el MTA Gris y el MTA Blanco recurriendo a métodos como la microscopia electrónica de barrido y el microanálisis con sonda electrónica. Las principales diferencias encontradas en la composición fueron en las concentraciones de Al_2O_3 , MgO y FeO (90, 150). Se encontró que el MTA Blanco presenta 54,9% menos de Al_2O_3 , 56,5% menos de MgO y 90,8% menos de FeO que el MTA Gris (150). Hwang y cols. también encontraron poca cantidad de iones de hierro en la composición del MTA Blanco (113).

Algunos autores consideran que la reducción de FeO es la causa más probable de que no produzca cambios de color (150), mientras otros consideran que la menor presencia de partículas de Magnesio podría también contribuir en esta propiedad sobre el color del MTA Blanco (90).

El MTA Blanco también demostró presentar un tamaño medio de partículas más pequeño que el MTA Gris (93, 109, 152).

B. Diferencias en las propiedades

Comparando la expansión que ocurre durante el proceso de fraguado del MTA Gris con la del MTA Blanco, Storm y cols. obtuvieron en sus resultados que, a las 24 horas de inmersión en agua, el MTA Gris presentó una expansión media de 1,02% mientras que el MTA Blanco presentó una expansión media de 0,08%, demostrando una expansión significativamente mayor por parte del MTA Gris (123).

Valorando la eficacia antibacteriana del MTA Gris con la del MTA Blanco, AL-Hezaimi y cols. concluyeron que los dos tipos de MTA presentan diferentes patrones de inhibición del crecimiento bacteriano: el MTA Gris necesita menores concentraciones que el MTA Blanco para ejercer el mismo efecto antimicrobiano frente a ciertos microorganismos (149).

En un estudio donde comparaban la capacidad del MTA Gris y Blanco frente a la *Candida Albicans* encontraron que ambos tipos de MTA, en concentraciones de 50 y 25mg/ml, inhibían igualmente este hongo hasta 7 días. Sin embargo, a menores concentraciones, únicamente el MTA Gris fue efectivo (153). Esto pone en evidencia no sólo la importancia de una correcta proporción polvo/líquido, sino que también plantea posibles cuestiones sobre la eventualidad de que el MTA Gris y el Blanco no presenten la misma eficacia en algunas aplicaciones clínicas (153).

Al-Hezaimi y cols. compararon *in vitro* la actividad antibacteriana del MTA Blanco y del MTA Gris frente al *Enterococcus faecalis* y *Streptococcus sanguis*. Compararon el crecimiento de estas bacterias en tubos de dilución con 50, 25, 12.5 mg/ml de MTA Gris con otros con iguales concentraciones de MTA Blanco y no obtuvieron crecimiento de ninguna de estas bacterias en ninguno de los tubos. Sin embargo, sí que encontraron diferencias significativas entre tubos conteniendo MTA a

concentraciones de 6,25 y 3,12 mg/ml, concluyendo que son necesarias menores concentraciones de MTA Gris que de MTA Blanco para ejercer el mismo efecto antibacteriano frente a cada uno de los microorganismos estudiados (143).

En un estudio, también de Al-Hezaimi y cols, fue valorado el efecto del MTA Blanco a diferentes concentraciones (de 0,78 mg/ml a 50mg/ml) sobre la *Candida albicans*, in vitro. Los resultados demostraron que existe una correlación directa entre la concentración de MTA Blanco y su efecto inhibitorio de crecimiento de *Candida albicans*. La concentración de MTA Blanco que demostró una mayor acción inhibitoria frente a este patógeno fue de 50 mg/ml (154).

Comparando la actividad antifúngica del MTA Gris con la del MTA Blanco frente a *Candida albicans*, Mohammadi y cols. concluyeron que ambos son efectivos frente a *Candida albicans*, dado que observaron que no ocurrió crecimiento de este hongo en presencia de MTA recién preparado al incubarlo a 37 grados durante una hora, ni de MTA fraguado al incubarlo también a 37 grados durante 72 horas (155).

El MTA Blanco demostró propiedades antibacterianas similares a las de Oxido de zinc eugenol frente a *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis* y *Pseudomonas aeruginosa* en una prueba de contacto directo, en un estudio de Eldeniz y cols (144).

Por otro lado, sustituyendo el agua estéril por una solución de 0,12% de gluconato de clorhexidina, se promueve una actividad antibacteriana más elevada frente a *Actinomyces odontolyticus*, *Fusobacterium nucleatum*, *Streptococcus sanguis*, *E. faecalis*, *Escherichia coli*, *S. aureus*, *P. Aeruginosa* y *Candida albicans* (156). Estos resultados deben ser interpretados bajo el conocimiento de que puede que no ocurra el fraguado del MTA, Blanco o Gris, cuando éste se mezcla con algunas preparaciones de clorhexidina (117).

2.4.4. Compuestos similares al MTA ProRoot®

Algunos autores compararon el MTA ProRoot con el MTA-Angelus y con el cemento Portland.

Al comparar estos tres materiales en cuanto a su composición, Oliveira y cols. encontraron pequeñas variaciones en los porcentajes de los elementos químicos constituyentes de estos cementos, a parte del bismuto que se encontraba presente únicamente en las composiciones de MTA. A pesar de las semejanzas químicas, los autores observaron diferencias en la textura y en las partículas de los materiales valorados (157).

En otro estudio en el que comparaban el cemento Portland, el MTA Gris ProRoot®, el MTA Blanco ProRoot® y el MTA Gris Angelus® en cuanto a su composición química fue demostrado que, a diferencia de los cementos MTA, el cemento Portland no contenía iones de bismuto en su composición, pero contenía iones de potasio a diferencia de los otros cementos. Los cementos de MTA Gris contenían una cantidad significativa de hierro, cuando eran comparados con los cementos de MTA Blanco. Además, el MTA-Angelus® presentó una menor cantidad de óxido de bismuto en su contenido que el MTA-ProRoot® (158).

Un estudio comparando el MTA-ProRoot® Blanco con el cemento Portland blanco demostró que los dos presentan una composición semejante excepto que el MTA posee óxido de bismuto (159).

Comparando las propiedades del MTA con las de cementos similares al agregado trióxido mineral preparados con SiO₂, CaO y Al₂O₃ como matriz y con ZnO, MgO y Fe₂O₃ como aditivos, Chia-Tze y cols. concluyeron que los cementos similares

al MTA demostraron un tiempo de fraguado significativamente más rápido que el MTA-ProRoot[®] (menor de 14 minutos) a pesar de que ocurrió una disminución significativa de la resistencia a la tracción, variando entre 0,9 y 3,1 MPa en comparación con el MTA (4,4 MPa). Los aditivos ZnO, MgO y Fe₂O₃ confirieron al cemento similar al MTA una mayor resistencia que la de los cementos similares al MTA sin aditivos. Al igual que el MTA-ProRoot[®], los cementos similares al MTA presentaron una variación del pH de 11 inicialmente, a 13 después de fraguados (160).

En otro estudio en que valoraban los valores de pH de los cementos MTA Blanco Angelus[®], MTA Gris Angelus[®] y MTA ProRoot[®], el MTA Gris Angelus[®] fue el que presentó valores de pH más elevados (108).

Santos y cols. realizaron un estudio con MTA-Angelus[®] en que evaluaron, entre otras características, el pH de este material. Observaron que, en las primeras 24 horas después de la mezcla del MTA, ocurre un aumento significativo del pH (161), característica ya observada en otras marcas de MTA.

Los mismos autores valoraron el tiempo de fraguado del MTA-Angelus[®] obteniendo un tiempo medio de fraguado de 14,28 minutos (162), siendo el tiempo de fraguado del MTA-ProRoot[®] de 2 a 4 horas (90, 81, 96).

Para evaluar la radiopacidad de los cementos MTA-Angelus[®] Gris y Blanco, Tanomaru y cols. realizaron un estudio comparativo entre estos dos cementos de MTA y el IRM[®], el SuperEba[®] y el Sealer 26[®]. Todos los materiales evaluados presentaron diferentes radiopacidades, habiendo sido el MTA-Angelus[®], Gris o Blanco, y el SuperEba[®] los materiales menos radiopacos (163).

Cepowicz y cols. compararon la actividad antibacteriana del MTA Blanco ProRoot® con la del MTA-Angelus® frente a *Streptococcus* y concluyeron que el MTA de la marca ProRoot® presentó una inhibición ligeramente más acentuada que el de la marca Angelus® frente al *Streptococcus salivarius* y *Streptococcus sanguis*. En cuanto al *Streptococcus mutans*, las dos marcas demostraron un efecto similar (138).

La solubilidad, dureza y radiopacidad del MTA Blanco ProRoot® fueron comparadas con dos cementos Portland, demostrando que el MTA es significativamente menos soluble, exhibe una dureza Vickers considerablemente más alta y es más radiopaco (164).

2.4.5. Aplicaciones del MTA

Se ha demostrado la utilidad de las aplicaciones clínicas del MTA tanto en dentición permanente, vital o no vital, como en dentición temporal.

Este material ha sido utilizado en pulpotomías de dientes temporales. En dientes permanentes vitales se ha utilizado como material para protección pulpar directa y en no vitales se ha utilizado en tratamientos de apicoformación, para reparación de perforaciones radicales y de furca, en casos de reabsorciones radicales, obturaciones a retro en cirugía periapical, como material de obturación radicular y como barrera a los agentes de blanqueamiento interno (13, 57, 109, 135, 165-177).

De todas estas aplicaciones destacamos, en razón del presente trabajo, la utilización del preparado en pulpotomías. Por ello, se analizarán separadamente los trabajos referidos a la utilización del MTA en pulpotomías, primero en animales de

experimentación y, se analizarán separadamente, más adelante, los estudios clínicos publicados sobre las pulpotomías realizadas en la dentición temporal.

2.4.6. Aplicación del MTA en pulpotomías en animales de experimentación

En 2003, Salako y cols. (178) publicaron un estudio en animales de experimentación en el que compararon los cambios histológicos provocados por el empleo de agregado trióxido mineral (MTA), vitrocerámica de superficie activa, sulfato férrico y formocresol en pulpotomías de molares de ratones *Sprague Dawley*. El grupo de molares en los que se realizaron pulpotomías con MTA estaba constituido por 20 primeros molares maxilares. En 10 de ellos se procedió al análisis histológico bajo microscopia de haz de luz 2 semanas después del tratamiento y en los 10 restantes esta valoración fue realizada 4 semanas después.

El examen histológico realizado 2 semanas después del tratamiento mostró la formación de material calcificado apical a las zonas de pulpotomía, lo que los autores consideraron un intento de formación de un puente. La capa de odontoblastos se encontraba intacta. En un molar observaron la presencia de algunos macrófagos en la pulpa radicular y observaron células de inflamación aguda alrededor del MTA en otro molar. En la zona apical de las raíces observaron un aumento en la formación de cemento. Sin embargo, en un molar observaron una pequeña área de reabsorción del cemento.

A las 4 semanas los autores registraron la formación de puentes dentinarios completos en todos los molares, con una histología pulpar normal. Los otros grupos de molares tratados con vitrocerámica de superficie activa, sulfato férrico o formocresol

exhibieron con mucha más frecuencia la presencia de células inflamatorias, tejido necrótico y destrucción de la capa odontoblástica.

Los autores concluyeron que, de los materiales estudiados, el MTA fue el que demostró un desempeño ideal como agente de pulpotomías, provocando la formación de puentes dentinarios y manteniendo simultáneamente una pulpa histológicamente normal (178).

Recientemente se realizaron varios estudios con el objetivo de mejorar las características físicoquímicas del MTA añadiendo diversos aditivos y así mejorar algunas deficiencias clínicas de este material. El cloruro de calcio (CaCl_2) es un acelerador que fue añadido al MTA para mejorar su capacidad de sellado, aumentar la liberación de iones de calcio y para mantener un pH elevado. En este sentido Bortoluzzi y cols. realizaron un estudio en que evaluaron la reacción de los tejidos pulpares a la utilización de MTA con y sin CaCl_2 en pulpotomías en dientes de perros de experimentación (179). Los autores realizaron pulpotomías con MTA en 12 dientes y pulpotomías con MTA con 10% CaCl_2 en otros 12 dientes. Sobre el material colocaron una capa de ionómero de vidrio y realizaron las restauraciones de los dientes con amalgama. Los tratamientos fueron realizados bajo anestesia general y 90 días después los animales fueron sacrificados. Se realizó entonces la evaluación histológica de los molares para valorar la presencia y calidad de puentes de tejido duro así como las manifestaciones de reacción inflamatoria.

Se pudo observar la formación de una fina barrera de tejido mineralizado bien definida y que se había preservado la vitalidad del tejido pulpar en todos los dientes del estudio. Hallaron resultados similares entre el MTA con y sin el cloruro de calcio concluyendo que el añadido de cloruro de calcio no cambia las propiedades biológicas

del MTA relacionadas con la formación de la barrera mineralizada pos tratamientos de pulpotomía (179).

Karami y cols. evaluaron clínica, radiológica e histológicamente el efecto de 3 medicamentos, el ácido tricloroacético (TCA), el formocresol y el MTA, en 162 premolares de perros en los que habían realizado tratamiento de pulpotomía. Los diferentes grupos de perros fueron sacrificados a las 48 horas, 2, 4 y 8 semanas después. La evaluación histológica no indicó casos de necrosis. A las 8 semanas de seguimiento, resultó evidente la formación de puente dentinario en 20% de los casos tratados con formocresol, en 50% de los casos tratados con TCA y en 91,7% de los casos tratados con MTA. El primer signo de formación de puente dentinario fue observado a las 2 semanas en el caso del MTA y a las 4 semanas en el caso del TCA. Los autores concluyeron que el MTA fue superior al formocresol y al TCA en el tratamiento de pulpotomía de premolares de perros (180).

Para valorar la efectividad de algunos agentes antibacterianos y del MTA en la curación de pulpas dentarias, Cannon y cols. (145) realizaron un estudio en pulpas dentarias de monos (*Cebus opella*) contaminadas con bacterias. Para la contaminación, efectuaban el contacto de la pulpa con una bolita de algodón impregnada con una mezcla de bacterias de las que se pueden encontrar normalmente en la cavidad bucal.

Una vez efectuado el contacto del algodón impregnado en bacterias con la pulpa durante 30 minutos, los dientes fueron divididos en 4 grupos de 12 dientes cada uno, según los productos a utilizar. En uno de los grupos aplicaron solución salina Cipo HC Otic solution[®], en otro grupo aplicaron Formocresol, en otro aplicaron la solución óptica Otosporin[®], y el restante grupo fue el grupo control. En los dientes tratados con las soluciones ópticas fue aplicada una capa de MTA, mientras que en los dientes

tratados con Formocresol o en los dientes del grupo control fue aplicada una capa de óxido de zinc eugenol. Todos los dientes fueron posteriormente obturados con el cemento Fuji II LC®.

Las muestras de tejido pulpar para el análisis histológico fueron obtenidas en los 2 días siguientes, a la semana y una vez a la semana durante las 4 semanas siguientes.

La evaluación histológica demostró la presencia de un infiltrado de neutrófilos y áreas de hemorragia con hiperemia. La profundidad a la que se encontraba el infiltrado de neutrófilos dependía del material que habían utilizado. Así, los tejidos pulpares tratados con las suspensiones ópticas demostraron significativamente menos inflamación que las del grupo control o del grupo tratado con formocresol. Además, el grupo tratado con MTA exhibió puentes dentinarios más organizados que en los grupos control y óxido de zinc eugenol. Los autores concluyeron que el MTA y las suspensiones ópticas son efectivos en el tratamiento de pulpas infectadas con bacterias y estimulan la producción de un puente de tejido duro sobre la zona de pulpa expuesta (145).

También de Souza Costa y cols. realizaron un estudio *in vivo* en dientes de perros en los que, 60 días después de haber realizado tratamientos de pulpotomía con MTA o con hidróxido de calcio, evaluaron la respuesta pulpar a estos dos medicamentos. En los resultados publicados por los autores se puede observar que ambos grupos del estudio presentaron la deposición de una matriz de dentina tubular sobre los muñones pulpares y una respuesta inflamatoria nula o mínima en ambos grupos. De este modo la respuesta pulpar presente en los dos grupos no difirió estadísticamente. Sin embargo, los dientes tratados con hidróxido de calcio demostraron

una mayor pérdida de pulpa sana, lo que pudieron comprobar por la forma convexa de la barrera de tejido duro.

Simultáneamente, los autores realizaron un estudio *in vitro* en el que aplicaron ambos materiales, MTA e hidróxido de calcio, sobre una cultura de células semejantes a odontoblastos MDPC-23. En este estudio demostraron que el MTA y el hidróxido de calcio disminuyeron la actividad metabólica celular en 9,9% y 29,4%, respectivamente.

Los autores concluyeron que el hidróxido de calcio provocó efectos citotóxicos más elevados en las células MDPC-23 así como pérdida de tejido pulpar sano más profunda que el MTA. Sin embargo, ocurrió una secuencia semejante de curación postratamiento de pulpotomía con ambos materiales (181).

2.4.7. Estudios clínicos del MTA en pulpotomías de molares temporales

En la literatura científica, el primer artículo clínico referido al uso de MTA en dientes temporales humanos fue publicado en el año 2001 por Eidelman y cols. (182). Los autores analizaron clínica y radiográficamente los efectos del MTA como agente terapéutico en pulpotomías de molares temporales, comparándolos con los del formocresol en estos tratamientos. Para ello, los autores escogieron 32 molares de 26 niños y los dividieron en dos grupos: 17 casos fueron tratados con MTA y 15 con formocresol. Las revisiones se llevaron a cabo cada 6 meses. Se estudiaron los resultados de los tratamientos con MTA de 9 molares estudiados durante 6 a 12 meses, de 3 molares estudiados durante 13 a 18 meses, de 4 estudiados durante 19 a 24 meses y de uno de ellos estudiado durante 25 meses. En cuanto a los resultados clínicos y radiográficos, ninguno de los dientes tratados con MTA mostró signos de patología,

mientras que uno de los molares en los que se realizó la técnica de pulpotomía convencional con formocresol fracasó por reabsorción interna a los 17 meses de estudio. Los datos radiológicos mostraron además la obliteración de los conductos pulpares en un 41% de los molares del grupo obturado con MTA y en un 13% del grupo control, observándose estos hallazgos en un tiempo medio de estudio de 12 meses. También se detectaron, según los investigadores, puentes dentinarios a nivel del lugar de amputación de la pulpa cameral. Los autores consideraron estos hallazgos positivos, pues aceptan que, tanto la obliteración de los conductos como la formación de puentes dentinarios, muestran la vitalidad de la pulpa radicular y la capacidad del MTA, ya demostrada en otros estudios anteriores, de estimular la formación de tejidos duros. Los investigadores concluyeron que, según los datos obtenidos, el MTA podría ser un sustituto aceptable del formocresol para pulpotomías de dientes temporales. Sin embargo, consideraron también que serían necesarios más estudios a más largo plazo para confirmar los resultados obtenidos (182).

En la Universidad Complutense de Madrid se defiende en 2003 la Tesis Doctoral realizada por la Dra. M. Maroto “Estudio clínico del Agregado Trióxido Mineral (MTA) en pulpotomías de molares temporales” dentro de una de las líneas de investigación desarrolladas en el Programa de Atención Odontológica a Pacientes en Edad Infantil dirigido por la Profa. Dra. Elena Barbería. Los resultados de la Tesis y del trabajo del mencionado equipo, al que posteriormente pude incorporarme, han dado lugar a múltiples publicaciones (11, 12, 13, 31, 33, 183, 184).

Así, en 2004 publican el primer artículo correspondiente a investigadores españoles con los resultados clínicos de pulpotomías en dientes temporales humanos tratados con MTA y con un seguimiento clínico y radiológico de 15 meses (33).

En publicaciones posteriores Maroto y cols. (12) hicieron públicos los resultados de la utilización del MTA Gris en pulpotomías de molares y caninos temporales, con particular interés en la formación de puentes dentinarios. La muestra estuvo constituida por 20 molares, 7 superiores y 13 inferiores y por 2 caninos superiores. Las pulpotomías fueron realizadas con aislamiento con dique de goma y la remoción del tejido cariado fue efectuada con una fresa redonda grande a baja velocidad. El techo de la cámara pulpar fue eliminado con una fresa a alta velocidad. El control de la hemorragia pulpar fue obtenido realizando una ligera presión con una bolita de algodón estéril. A continuación los autores aplicaron la mezcla de MTA sobre la pulpa remanente realizando presión con una bolita de algodón impregnada con agua esterilizada. Una vez colocado el MTA, el resto de la cavidad pulpar fue rellenado con un cemento de ionómero de vidrio (Vitrebond®). Por último procedieron a la cimentación de una corona metálica preformada en los molares y a una obturación con composite en los caninos.

Las evaluaciones periódicas de seguimiento fueron realizadas a los 3 y 6 meses a través de un examen clínico y radiográfico de cada diente tratado así como de la zona perirradicular.

En este estudio no fueron identificados signos de fracaso clínico ni radiográfico en ninguna fase del seguimiento. En el análisis radiográfico los autores detectaron la presencia de estenosis radicular en 12 de los 20 molares tratados. Además, observaron la formación de puentes dentinarios en 11 de los 20 molares y en los 2 caninos tratados. Los autores refieren también que, en la revisión de los 6 meses, observaron una alteración del color de los dos caninos, situación imposible de observar en los molares ya que estaban recubiertos por una corona metálica preformada (12).

Estos autores realizaron otra investigación similar a la descrita anteriormente utilizando MTA Blanco y comparando los resultados obtenidos con los dos tipos de MTA (11, 13). En este caso la muestra estuvo formada por 23 molares temporales, 10 superiores y 13 inferiores. Tras la realización de las pulpotomías, siguiendo los mismos procedimientos que en el caso del MTA Gris, también fueron adaptadas coronas metálicas preformadas en todos los molares.

En la revisión efectuada 6 meses después del tratamiento ningún molar presentó signos clínicos ni radiográficos de fracaso. En la exploración radiográfica los autores detectaron la presencia de dentina reparativa en algunos de los molares tratados.

Para permitir una correcta determinación del número de puentes dentinarios formados así como de presencia de estenosis, los autores consideraron únicamente los molares mandibulares ya que la imagen radiográfica de las 3 raíces de los molares superiores podría interferir en los resultados. Así, detectaron la presencia de estenosis en 69,23% de los conductos pulpares de los molares inferiores 6 meses después del tratamiento con MTA Blanco. Comparando este resultado con el resultado obtenido por los mismos investigadores en el estudio con MTA Gris, no existieron diferencias significativas en cuanto al porcentaje de estenosis verificada en uno y otro estudio. La presencia de puentes dentinarios fue observada en 11,5% de los molares. En este caso ya se demostró una diferencia estadísticamente significativa entre los molares tratados con MTA Gris y MTA Blanco. Los autores afirman que, en función de estos resultados, parece ser que el MTA Blanco induce la formación de dentina en los conductos pulpares del mismo modo que el MTA Gris, pero el contacto directo con el tejido pulpar en la zona de amputación no estimula la formación de puentes dentinarios con la misma intensidad que el MTA Gris. Esto podría deberse a diferencias en la composición de los dos tipos de MTA (11, 13).

Simultáneamente, otros grupos investigadores obtuvieron y publicaron resultados correspondientes a molares temporales. Agamy y cols. (185) publicaron los resultados obtenidos, con la utilización de este material en pulpotomías, comparándolos con los obtenidos con la utilización de formocresol. Los autores procedieron al análisis clínico, radiográfico e histológico para comparar el éxito relativo del MTA Gris, MTA Blanco y Formocresol como material de apósito en pulpotomías de dientes temporales. Los dientes seleccionados para la evaluación clínica y radiográfica fueron monitorizados periódicamente durante 12 meses. Los dientes seleccionados para estudio histológico fueron evaluados periódicamente y extraídos 6 meses después del tratamiento. De los 60 dientes valorados, 1 diente tratado con MTA Gris se exfolió fisiológicamente y 6 dientes (4 tratados con MTA Blanco y 2 con Formocresol) fracasaron debido a abscesos. Los restantes 53 dientes permanecieron sanos clínica y radiográficamente durante los 12 meses de seguimiento. Los autores también observaron la obliteración radicular en 11 dientes tratados con MTA Gris y en 1 diente tratado con MTA Blanco. En el estudio histológico, ambos tipos de MTA indujeron la formación de puentes dentinarios en la zona de amputación pulpar, mientras que el formocresol indujo la formación de una fina capa de dentina pobremente calcificada.

En una evaluación a largo plazo de pulpotomías en molares temporales, Holan, Eidelman y Fuks (186) estudiaron los efectos de la utilización del agregado trióxido mineral en 33 molares temporales con exposición pulpar por caries y procedieron a la comparación de estos molares con 29 molares temporales en los que habían realizado pulpotomía aplicando formocresol. Todos los molares fueron tratados bajo aislamiento con dique de goma. El tejido cariado y el techo de la cámara pulpar fueron removidos con una fresa 330 a alta velocidad y, una vez eliminada la pulpa cameral con una fresa redonda, procedieron a la colocación sobre los muñones pulpares, en el grupo

experimental, de pasta de MTA obtenida por la mezcla del polvo de MTA con una solución salina estéril en una proporción 3:1. A continuación colocaron una capa de IRM. En el grupo control colocaron en los muñones pulpares una bolita de algodón impregnada con formocresol, durante 5 minutos y rellenaron la cámara con una pasta de óxido de zinc-eugenol y una capa de IRM. Las coronas de todos los molares fueron recubiertas con una corona metálica preformada excepto en 8 molares de los que uno fue restaurado con composite y los otros 7 con amalgama. Los pacientes fueron revisados clínica y radiográficamente cada 6 meses. El tiempo de seguimiento de todos los molares en ambos grupos presentó una variación entre 4 y 74 meses, con una media de 38,2 meses.

Los autores registraron el fracaso de 6 molares, 1 tratado con MTA y 5 tratados con formocresol, en un periodo medio de 16 meses. Todos los molares fracasados habían sido restaurados con coronas metálicas preformadas. 29 molares tratados con éxito fueron seguidos hasta su exfoliación fisiológica y los restantes 27 molares tratados con éxito fueron seguidos por un periodo medio de 49 meses, sin presentar diferencias entre los dos grupos de estudio. En este estudio la tasa de éxito obtenida para los tratamientos realizados fue de 90%: el éxito con la utilización de MTA fue de 97% y el éxito con la utilización de formocresol fue de 83%, sin que existieran diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos.

A través de las valoraciones radiográficas los autores registraron que el hallazgo más frecuente fue la obliteración de los conductos radiculares, que se presentó en 55% de todos los molares: 58% en el grupo MTA y 52% en el grupo formocresol, sin diferencias significativas entre los dos grupos. La obliteración radicular fue encontrada en un periodo medio de 22 meses, de 7 a 46 meses, después del tratamiento.

La presencia de reabsorciones radiculares internas fue observada en 8 molares: 6 molares tratados con formocresol y 2 molares tratados con MTA. En 4 de estos molares, 2 de cada grupo, la reabsorción interna se detuvo y el tejido pulpar fue sustituido por tejido calcificado, manteniéndose el diente clínicamente asintomático. Estos molares no fueron considerados por los autores como fracasos. En los 4 restantes molares del grupo del formocresol, la reabsorción radicular interna se encontró asociada a defectos radiolúcidos periapicales y/o inter-radiculares y reabsorción radicular externa inflamatoria llevando a la necesidad de proceder a la extracción dentaria. En la revisión de los 12 meses otros 2 molares, uno de cada grupo, presentaron radiolucidez periapical e inter-radicular asociada a signos clínicos de absceso.

En cuanto a la formación de puentes dentinarios, los autores registraron la formación de un puente dentinario en un primer molar temporal tratado con MTA.

Como conclusión los autores afirman que el MTA demostró una tasa de éxito clínico y radiográfico a largo plazo superior a la del formocresol, aunque no estadísticamente significativa y afirman que este material se puede recomendar como sustituto al formocresol, ya que no induce respuestas indeseadas (186).

Los resultados obtenidos con la utilización de MTA en pulpotomías fueron comparados diversas veces con los resultados obtenidos con la utilización de otros materiales. Por ejemplo Naik y Hedge (172) publicaron en 2005 un artículo científico en el que realizaron el seguimiento durante 6 meses de 25 molares temporales con tratamiento de pulpotomía con MTA y cuyos resultados fueron comparados con los resultados obtenidos para un grupo control de 25 molares tratados con formocresol. Una vez que los dientes se encontraban anestesiados y aislados con dique de goma, eliminaban la caries y obtenían acceso coronal con una fresa a alta velocidad y con

irrigación. La remoción de la pulpa cameral la realizaban con una cucharilla de dentina. En el grupo experimental colocaron sobre los muñones pulpares una mezcla de polvo de MTA con agua en una proporción de 3:1 y una capa de óxido de zinc eugenol por encima. En el grupo control colocaron una bolita de algodón ligeramente humedecida en formocresol durante 5 minutos. A continuación rellenaron la cámara pulpar con óxido de zinc eugenol. De los 50 molares incorporados en el estudio, 3 no volvieron a revisión. En las citas de seguimiento 1, 3 y 6 meses después los autores no encontraron signos clínicos ni radiológicos patológicos en los restantes 47 molares. Debido al éxito del tratamiento los autores no procedieron a ninguno análisis estadístico de la muestra. Refieren que el único hallazgo significativo fue la decoloración de 15 molares tratados con MTA 24 horas después del tratamiento, situación posteriormente enmascarada por la colocación de una corona metálica preformada. En este estudio los autores no han observado obliteraciones radicales y apuntan como posible justificación la corta duración del seguimiento. Tampoco registraron la existencia de puentes dentinarios (172).

También Farsi y cols. realizaron una comparación clínica y radiográfica entre los resultados obtenidos en pulpotomías de molares temporales con MTA y con formocresol (187). La muestra de este estudio estuvo constituida por 120 molares temporales, todos tratados con la misma técnica convencional de pulpotomía. En 60 molares aplicaron formocresol y en los otros 60 aplicaron MTA. Los pacientes fueron llamados a revisión cada 6 meses durante 2 años.

De los 120 molares incorporados en el estudio solo 74 fueron seguidos clínica y radiográficamente durante el periodo del estudio. Al final de 12 meses de seguimiento los autores no registraron ningún signo clínico ni radiográfico de patología en ninguno de los 2 grupos. A los 18 meses, en el grupo tratado con formocresol fueron registrados

signos de patología radiográfica en 4 molares, sin que existieran síntomas clínicos de fracaso. Además, 3 molares presentaron signos radiológicos de reabsorción radicular interna y 1 molar exhibió afectación de la furca. En el grupo tratado con MTA no encontraron evidencias clínicas ni radiográficas de patología. Sin embargo, las diferencias entre los dos grupos no fueron estadísticamente significativas.

En la revisión 24 meses después del tratamiento, en el grupo tratado con formocresol fueron encontrados 5 molares con patología de la pulpa radicular, y únicamente en un caso fue referido dolor. Todos los casos de fracaso descritos presentaron reabsorción radicular interna y en 2 de estos la furca estaba también involucrada. Por otro lado, todos los 38 molares tratados con MTA presentaron éxito clínico y radiográfico. La obliteración radicular fue el hallazgo radiográfico más frecuentemente encontrado presente en 7,9% de estos molares.

La diferencia significativa entre los dos grupos a los 24 meses de seguimiento fue evidente en cuanto a los signos radiográficos de patología. Los autores concluyeron que este estudio demostró que el tratamiento de pulpotomía con MTA es un procedimiento exitoso clínica y radiográficamente (187).

Para evaluar la respuesta pulpar producida por el MTA cuando es utilizado en pulpotomías, Caceido y cols. realizaron una investigación en la que procedieron al tratamiento de pulpotomía con MTA en 11 molares temporales que serían extraídos 6 meses después del tratamiento y que se evaluarían histológicamente (188).

La técnica utilizada para remoción de caries y preparación de la pulpa cameral fue similar a la técnica descrita en los estudios anteriores. Para alcanzar el control de la hemorragia, los autores aplicaron una bolita de algodón estéril humedecida en agua destilada que fue posteriormente sellada dentro de la cavidad pulpar por un periodo de 8

días para permitir la reacción de fraguado del MTA. Para lograr este sellado los autores aplicaron Prime & Bond NT (Dentply/Caulk, Milford, Delaware, USA) y a continuación aplicaron Dyract Flow (Dentply/Caulk, Milford, Delaware, USA). Los márgenes superficiales de la cavidad fueron grabados con ácido ortofosfórico al 34% seguido de una aplicación de Prime & Bond y, posteriormente, Surefil (Dentply/Caulk, Milford, Delaware, USA).

Trascurridos 8 días los autores removieron el contenido de la cámara pulpar y comprobaron que la reacción de fraguado del MTA estaba completa. La cavidad fue rellenada una vez más con una capa de Dyract Flow y Sure Fil como obturación final.

Las citas de seguimiento fueron realizadas una vez al mes hasta la fecha de extracción, 6 meses después del tratamiento.

En los resultados reflejados en este artículo científico se puede observar que en las evaluaciones radiográficas de control posteriores al tratamiento, ningún molar presentó imágenes radiográficas de fracaso.

En el análisis histológico, 4 molares presentaron calcificaciones intrapulpaes, en 7 molares observaron puentes dentinarios y registraron la presencia de reabsorciones internas en 4 molares. Fue evidente la formación de cemento en 4 molares. 5 molares presentaron una severa infiltración de exudado inflamatorio, en 1 molar la presencia de exudado fue moderada, en otro molar fue ligera y 2 molares no presentaron inflamación alguna.

En relación al estado de la pulpa dental, los autores verificaron que la pulpa se presentaba normal en 1 molar, inflamada en 7 molares y necrótica en 2 molares.

Los autores concluyeron en su estudio que el MTA puede ser una buena alternativa para los tratamientos de pulpotomía dado que, aunque en su estudio hubieran detectado una gran variedad de respuestas histológicas, los hallazgos clínicos y radiográficos fueron generalmente favorables (188).

Otra comparación entre los resultados obtenidos con la aplicación de MTA o formocresol en pulpotomías de molares temporales fue realizada por Aeinehchi y cols. que realizaron pulpotomías en 100 molares temporales, 43 molares con MTA y 57 molares con formocresol. En la revisión de los 3 meses los autores no observaron signos clínicos de fracaso en ningún molar de los dos grupos, pero radiográficamente observaron una reabsorción radicular en un molar tratado con formocresol, sin que existieran diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos. A los 6 meses tampoco observaron signos clínicos de fracaso. Sin embargo, en 6 de los 57 molares tratados con formocresol observaron la presencia de reabsorciones radiculares. En esta observación, las diferencias encontradas entre los dos grupos fueron estadísticamente significativas.

Los autores concluyeron que 6 meses después, los tratamientos de pulpotomía con MTA se asociaron con menos casos de reabsorciones radiculares, afirmando que este material puede ser una buena alternativa para las pulpotomías de dientes temporales (189).

Moretti y cols. describieron en 2007 un caso clínico de aplicación de MTA en una pulpotomía de un segundo molar temporal en un paciente de 7 años que presentaba agenesia del sucesor permanente. Los autores aplicaron una capa de 2mm de MTA-Angelus sobre los remanentes pulpaes y restauraron el diente con cemento de ionómero de vidrio. Realizaron consultas de seguimiento 12 y 24 meses después del tratamiento

en las que procedieron a una evaluación clínica y radiológica del molar y de la zona perirradicular. Las pruebas de vitalidad que realizaron demostraron que el tratamiento había sido exitoso en la preservación de la vitalidad de la pulpa remanente (190).

El mismo grupo de investigadores publicó en 2008 un estudio clínico en el que valoraron y compararon la efectividad del MTA y del hidróxido de calcio con la efectividad del formocresol en pulpotomías de dientes temporales (191). Una vez realizada la pulpotomía los dientes eran restaurados con una base de cemento de óxido de zinc eugenol reforzado y cemento de ionómero de vidrio. En total realizaron 45 pulpotomías, 15 en cada grupo de estudio, 43 de las cuales acudieron a las revisiones 3, 6, 12, 18 y 24 meses después del tratamiento. Los grupos tratados con formocresol y MTA presentaron un éxito clínico y radiográfico de 100% en todas las citas de revisión. En el grupo del hidróxido de calcio detectaron reabsorciones radiculares internas en 5 molares en la revisión de los 3 meses. A los 6 meses del tratamiento 6 molares presentaron evidencia radiográfica de fracaso incluyendo reabsorciones internas, destrucción del hueso interradicular y radiolucidez en la zona de la furca. Además, 2 de estos molares presentaron movilidad, edema y fistula, lo que produjo la necesidad de proceder a su extracción. En la revisión realizada 12 meses después del tratamiento los autores observaron clínica y radiográficamente 4 fracasos. En relación a la presencia de reabsorciones internas, observaron una diferencia estadísticamente significativa entre las pulpotomías realizadas con hidróxido de calcio o con uno de los otros dos materiales. Además, en el grupo tratado con formocresol, no observaron la formación de ningún puente dentinario. Sin embargo, en los grupos de MTA e hidróxido de calcio, los puentes fueron observados 6 meses después de la realización del tratamiento (191).

Noorollahian también realizó un estudio comparando el MTA Blanco con el formocresol en pulpotomías de segundos molares temporales (192). Realizó

pulpotomías en 60 molares inferiores temporales: 30 molares fueron tratados con MTA y los otros 30 fueron tratados con formocresol. Seis meses después fueron revisados 56 molares, presentando todos ellos éxito clínico y radiográfico. A los 12 meses fueron examinados clínica y radiológicamente 53 molares. Todos los molares tratados con formocresol presentaron éxito clínico y radiográfico. En el grupo de los molares tratados con MTA también fue observado éxito clínico en todos los molares pero radiológicamente fue observado un fracaso. En la evaluación realizada a los 24 meses fueron examinados 36 molares. Una vez más, el grupo de molares tratados con formocresol presentó una tasa de éxito clínico y radiográfico del 100%. En el grupo del MTA, aunque todos los molares presentaron éxito clínico, fue observado radiológicamente un caso más de fracaso.

En este estudio, el autor observó la presencia de obliteración de los conductos pulpares en 1 molar tratado con MTA y en 4 molares tratados con formocresol, detectada 12 meses después de la realización del tratamiento.

El autor concluye que, en base a los resultados obtenidos, el MTA puede ser utilizado como sustituto al formocresol en pulpotomías de molares temporales (192).

Además de comparar el MTA con el formocresol en su aplicación en pulpotomías de molares temporales, los científicos también procedieron a las mismas comparaciones con otros materiales. En esta línea, Sonmez y cols. realizaron un estudio de investigación sobre la utilización del MTA en pulpotomías de molares temporales, comparando los resultados obtenidos con este material con los obtenidos con la utilización de formocresol, sulfato férrico e hidróxido de calcio (193). En este sentido realizaron pulpotomías en 80 molares en los que se había producido exposición pulpar en el proceso de remoción de caries y que fueron aleatoriamente asignados a un grupo

de estudio. Los molares en los que aplicaron formocresol, sulfato férrico o hidróxido de calcio fueron restaurados con amalgama en la misma sesión. En los molares del grupo del MTA las obturaciones finales fueron realizadas en una segunda sesión, un día después, en la que aplicaron una bolita de algodón húmeda en la cámara pulpar antes de realizar la obturación final con óxido de zinc reforzado.

Las citas de seguimiento para la revisión clínica y radiográfica fueron realizadas cada 6 meses durante un periodo de 2 años. En total pudieron revisar 56 de los 80 molares tratados: 13 molares del grupo del formocresol, 15 molares tratados con sulfato férrico, 13 molares tratados con hidróxido de calcio y 15 molares tratados con MTA.

En los resultados los autores expresan que, en general, los fracasos radiológicos fueron más frecuentes que los fracasos clínicos. Además, en la revisión a los 6 meses, todos los molares fueron clasificados como exitosos clínica y radiológicamente. A los 12 meses identificaron 2 fracasos en el grupo del formocresol, así como en el grupo del MTA, 4 fracasos en el grupo del hidróxido de calcio y 1 fracaso en el grupo del sulfato férrico. En la revisión de los 18 meses observaron además otro fracaso en cada uno de los grupos formocresol, sulfato férrico y MTA. En esta cita de revisión no observaron ningún fracaso en el grupo del hidróxido de calcio. A los 24 meses de seguimiento observaron 2 fracasos más en los grupos de sulfato férrico y del MTA y 3 en el grupo del hidróxido de calcio. En total, obtuvieron un fracaso radiográfico de 3 molares en el grupo del formocresol, 4 molares en el grupo del sulfato férrico, 7 molares en el grupo del hidróxido de calcio y 5 molares en el grupo del MTA. Al final de los 2 años de seguimiento el fracaso fue clínicamente evidente en 2 molares del grupo del formocresol y uno del grupo del hidróxido de calcio que presentaron edema y 2 molares del grupo del MTA que presentó síntomas del tracto sinusal.

Radiográficamente, la respuesta pulpar que observaron con más frecuencia fue la reabsorción externa seguida de obliteración de los conductos radiculares. También observaron reabsorciones internas en todos los grupos de estudio, excepto en el grupo tratado con formocresol.

En este estudio los autores obtuvieron tasas de éxito, a los 2 años de seguimiento, inferiores para el hidróxido de calcio (46,1%) y para el MTA (66,6%) que las obtenidas para el formocresol (76,9%) y para el sulfato férrico (73,3%), pero sin que existieran diferencias estadísticamente significativas entre estos resultados.

Los autores concluyen que, aunque no hayan encontrado diferencias estadísticamente significativas entre los resultados obtenidos para los distintos materiales, el hidróxido de calcio pareció ser clínicamente el menos apropiado. Además consideran que, teniendo en cuenta que la International Agency for Cancer Research clasificó el formaldehído, el principal constituyente del formocresol, un carcinógeno humano, y considerando las dificultades de almacenamiento y elevado coste del MTA, el sulfato férrico es un agente apropiado y recomendable para la realización de pulpotomías en molares temporales (193).

También en una comparación entre el MTA y el formocresol, Jabbarifar y cols. no obtuvieron diferencias significativas entre las tasas de éxito y de fracaso de los molares tratados con uno u otro material (194), coincidiendo con otros autores en la indicación del MTA como sustituto al formocresol.

2.4.8. Desventajas del Agregado Trióxido Mineral

De la revisión de la literatura realizada es posible afirmar que, en general, el MTA es considerado una excelente alternativa al formocresol para las pulpotomías en molares temporales. Sin embargo, la mayoría de los autores consideran que este material presenta algunas desventajas.

Indudablemente, el precio elevado del MTA es el factor más frecuentemente apuntado como limitación a la utilización de este material en la práctica clínica diaria (92, 108, 172, 190).

El tiempo de fraguado, de 3 a 4 horas, también es considerado por algunos autores como una desventaja, principalmente cuando se compara con el tiempo necesario para la conclusión del tratamiento en el caso de utilización del formocresol. Con frecuencia los autores refieren la necesidad de realizar el tratamiento en 2 citas para que, una vez obtenido el fraguado del MTA, se pueda realizar la restauración coronaria (108, 172, 188, 189, 192, 193). Sin embargo, otros autores preconizan la realización de la pulpotomía con MTA y restauración coronaria en una sola sesión. Estos autores afirman que se conseguirá igualmente el fraguado del material porque está en contacto con la humedad de la pulpa radicular, aplicando por encima del MTA condensado una capa de ionómero de vidrio fotopolimerizable (11, 12, 13, 108) o IRM (182) para rellenar la cámara pulpar.

Otra característica del MTA también referida como una desventaja en la literatura es la manipulación del MTA, que algunos autores consideran difícil (108, 172).

Por último, se puede encontrar referencia en varios artículos científicos a la alteración de color provocada por el MTA en los dientes en que es aplicado. En los casos de pulpotomías de molares temporales restaurados con una corona metálica preformada, esta alteración es fácilmente enmascarada (172, 176), pero puede resultar un problema en el tratamiento de dientes anteriores.

2. Hipótesis y objetivos de trabajo

2. Hipótesis y objetivos de trabajo

La utilización del Agregado Trióxido Mineral (MTA) en las pulpotomías de molares temporales ha demostrado ser una alternativa al formocresol; con una respuesta clínica superior a este y con indicadores radiográficos que demuestran una respuesta biológicamente favorable de la pulpa remanente.

Hasta este momento se han comercializado dos preparados de Agregado Trióxido Mineral. El primero, MTA Gris, fue sustituido por el MTA Blanco bajo el argumento de conservar y mejorar sus propiedades biológicas. Ambos preparados nos han demostrado su utilidad en las pulpotomías de molares temporales; sin embargo, parecen existir evidencias de que la respuesta no es similar.

Por tanto, nos propusimos estudiar comparativamente la respuesta clínica y radiológica de los molares tratados con MTA Blanco o con MTA Gris, en el “Programa de Atención Odontológica a Pacientes en Edad Infantil” de la Facultad de Odontología de la Universidad Complutense de Madrid, durante el periodo de tiempo comprendido entre los años 2000 y 2009.

Para este estudio se establecieron los siguientes objetivos:

1. Evaluar el éxito de los tratamientos pulpares realizados con MTA Gris o Blanco en los molares temporales estudiados.
2. Establecer si existen diferencias significativas en el éxito de los tratamientos entre uno y otro grupo.

3. Evaluar radiológicamente la formación de dentina reparativa, manifestada como puentes dentinarios, en el grupo tratado con MTA Gris y en el grupo tratado con MTA Blanco.
4. Estudiar radiológicamente la respuesta favorable de la pulpa remanente, manifestada como estenosis de los conductos radiculares, en cada uno de los grupos.
5. Comparar la respuesta biológica favorable, manifestada como formación de puentes dentinarios o estenosis radicular, entre ambos grupos.
6. Evaluar clínicamente los premolares erupcionados y correspondientes a los molares temporales tratados con MTA.

3. Material y Métodos

3. Material y Métodos

Selección de la Muestra

La muestra procedía del banco de pacientes del *Programa de Atención Odontológica a Pacientes en Edad Infantil*, de la Facultad de Odontología de la Universidad Complutense de Madrid.

Para este estudio se ha utilizado una muestra de conveniencia de primeros y segundos molares temporales a los que se les habían realizado el tratamiento a estudiar, pulpotomías con MTA Gris o Blanco. Los tratamientos se realizaron entre los años 2000 y 2009, en el *Programa de Atención Odontológica a Pacientes en Edad Infantil*, de la Facultad de Odontología de la Universidad Complutense de Madrid.

La selección de toda la muestra fue realizada por el examinador en base a los datos procedentes de la anamnesis, la exploración clínica y radiográfica y tomando en cuenta los criterios de inclusión y exclusión.

La selección de la muestra, se llevó a cabo de acuerdo a los siguientes criterios de inclusión y exclusión:

Criterios de inclusión

- que la pulpotomía con MTA se hubieran realizado en molares sin tratamiento previo.
- que el molar no tuviera signos previos de degeneración de la pulpa radicular.

- que no presentara imagen radiológica de lesión en la furca ni de reabsorción radicular patológica interna o externa, previos al tratamiento.
- que no se visualizara imagen de ensanchamiento patológico del ligamento periodontal.
- que, en el momento de realizar la pulpotomía, el molar presentara la mitad o más de la longitud radicular.
- que todas las pulpotomías hubieran sido realizadas por el mismo operador.
- que al realizar el tratamiento se hubieran seguido, estrictamente, los pasos siguientes:

1. Evaluación de la indicación de realizar la pulpotomía.
2. Anestesia y aislamiento con dique de goma.
3. Preparación del molar temporal para la adaptación de una corona metálica preformada.
4. Selección y adaptación de la corona metálica.
5. Eliminación del tejido cariado mediante instrumentos rotatorios de alta y baja velocidad y fresas 330 y redondas.
6. Eliminación del techo de la cámara pulpar con fresa 330 a alta velocidad.
7. Extirpación del tejido pulpar cameral con fresa redonda grande a baja velocidad.
8. Limpieza, secado y control de la hemorragia pulpar mediante presión leve con bolita de algodón estéril.
9. Exploración de la integridad del suelo de la cámara pulpar.

10. Mezcla del preparado de MTA (MTA Gris o MTA Blanco) con agua estéril en loseta de vidrio con espátula metálica, según instrucciones del fabricante.
11. Colocación y adaptación del material a las paredes y suelo de la cámara pulpar por presión con una bolita de algodón humedecida en agua destilada.
12. Sellado de la cámara pulpar con cemento de ionómero de vidrio fotopolimerizable.
13. Cementado de la corona con cemento de ionómero de vidrio autopolimerizable.

Criterios de exclusión

Del presente trabajo, se han excluido los molares temporales correspondientes a:

- niños con una historia de patología sistémica asociada que pudiera interferir en los resultados del tratamiento.
- pacientes que estuvieran recibiendo tratamiento farmacológico.
- pacientes que abandonaron el tratamiento.

Muestra

El universo del estudio estaba formado por 233 molares, 98 superiores y 135 inferiores, siendo de ellos 120 primeros molares y 113 segundos molares. De ellos, 23 molares correspondieron a pacientes que no volvieron a las revisiones y, por este motivo, fueron excluidos del estudio.

Por tanto la muestra de nuestro trabajo incluyó 210 molares de una u otra arcada. El total de molares de la arcada superior fue 90 y 120 molares pertenecían a la arcada inferior. En la Tabla 1 se recogen los datos de la muestra distribuidos por arcada, hemiarcada, molar primero o segundo, y preparado utilizado.

	Primeros molares temporales				Segundos Molares temporales				TOTAL		
	Derechos		Izquierdos		Derechos		Izquierdos				
	MTA Gris	MTA Blanco	MTA Gris	MTA Blanco	MTA Gris	MTA Blanco	MTA Gris	MTA Blanco	MTA Gris	MTA Blanco	Total
Maxilares	8	15	10	13	8	18	7	11	33	57	90
Mandibulares	8	20	12	18	8	18	13	23	41	79	120
TOTAL	16	35	22	31	16	36	20	34	74	136	210

Tabla 1. Distribución de la muestra según arcada, hemiarcada, molar y tipo de MTA (Gris o Blanco).

Tiempo de Seguimiento de la Muestra

Se han excluido de la muestra los molares de los niños que no han acudido nunca a revisión. El tiempo de seguimiento de cada uno de los molares de la muestra ha dependido: del año en que se ha realizado el tratamiento; el tiempo transcurrido hasta la pérdida del molar, fisiológica o patológica; y, ocasionalmente, al abandono del seguimiento transcurridos unos años. Asimismo hay que tomar en cuenta la cronología de la aplicación del MTA Gris o MTA Blanco por razones de comercialización.

Como consecuencia de todo ello la distribución de la muestra según arcada, hemiarcada, molar, tipo de MTA utilizado y tiempo de seguimiento se recoge en la Tabla 2.

	Molares Maxilares				Molares Mandibulares				TOTAL		
	Derechos		Izquierdos		Derechos		Izquierdos		MTA Gris	MTA Blanco	Total
	MTA Gris	MTA Blanco	MTA Gris	MTA Blanco	MTA Gris	MTA Blanco	MTA Gris	MTA Blanco			
6 meses	2	1	2	2	2	5	5	4	11	12	23
12 meses	0	10	0	8	0	11	0	5	0	34	34
18 meses	1	4	1	3	0	6	1	6	3	19	22
24 meses	3	4	3	2	1	4	3	4	10	14	24
30 meses	0	6	1	4	1	3	3	5	5	18	23
36 meses	2	3	3	3	4	4	3	7	12	17	29
42 meses	3	5	1	0	2	4	1	2	7	11	18
48 meses	0	0	0	1	0	1	2	5	2	7	9
54 meses	2	0	4	1	1	0	1	2	8	3	11
60 meses	0	0	0	0	0	0	2	1	2	1	3
66 meses	1	0	1	0	0	0	1	0	3	0	3
72 meses	1	0	0	0	1	0	0	0	2	0	2
78 meses	1	0	0	0	1	0	1	0	3	0	3
84 meses	0	0	1	0	3	0	2	0	6	0	6
TOTAL	16	33	17	24	16	38	25	41	74	136	210

Tabla 2. Distribución de la muestra según arcada, hemiarcada y tipo de MTA (Gris o Blanco) en función del tiempo de seguimiento.

MÉTODO

Previamente al inicio de este trabajo, la línea donde se enmarca este estudio disponía de la aprobación de la Unidad de Coordinación de Ensayos Clínicos de la Universidad Complutense de Madrid (Anexo 1), así como del Consentimiento Informado de los padres o representantes legales de los niños a quien se realizaron las pulpotomías. El Consentimiento Informado incluía la aceptación para el uso de los datos con fines investigadores (Anexo 2).

También con anterioridad al inicio, se realizó la calibración de la examinadora con la investigadora principal tanto para la interpretación de los datos clínicos como para la lectura radiográfica. Realizada esta, se inició la recopilación de los datos que procedían de la evaluación clínica (A) y radiográfica (B) realizadas para evaluar la respuesta pulpar, en cada una de las revisiones, de las pulpotomías realizadas con MTA.

Los datos eran obtenidos por la investigadora principal y por la examinadora separadamente.

A. La evaluación clínica incluyó anamnesis y recogida de nuevos datos aportados por los padres, exploración de los molares tratados incluyendo: exploración visual, palpación de los tejidos blandos y percusión de todos los molares que habían recibido tratamiento, tanto en la arcada superior como en la inferior.

Se consideraba una respuesta no favorable si se encontraban alguno de los siguientes hallazgos:

- signos de inflamación, cambio de color, absceso o fístula en los tejidos blandos.

- movilidad no fisiológica del molar tratado. - dolor espontáneo o a la percusión

Se consideró éxito del tratamiento sí no se encontraban ninguno de esos hallazgos.

La decisión éxito/no éxito del tratamiento se hacía en referencia al molar valorado.

B. La valoración radiográfica de estenosis de los conductos radiculares y de puentes dentinarios se realizó únicamente en los conductos radiculares de los molares inferiores tratados ya que en la arcada superior, las imágenes radiográficas muestran superposiciones de las estructuras, en particular superposiciones de las imágenes radiográficas de las raíces de los molares y por tanto puede resultar errónea la lectura de datos en los conductos radiculares superiores. Por ello, para no inducir a error en los resultados de la observación radiológica, los resultados de la observación radiográfica de los fenómenos de estenosis pulpar y de formación de puente dentinario, que se presentarán en los resultados, se refieren únicamente a los molares inferiores.

La lectura de las radiografías se realizó colocando estas sobre un negatoscopio y con ayuda de una lupa marca Eschenbach®, Germany, de 2,5 aumentos (Figura 3).

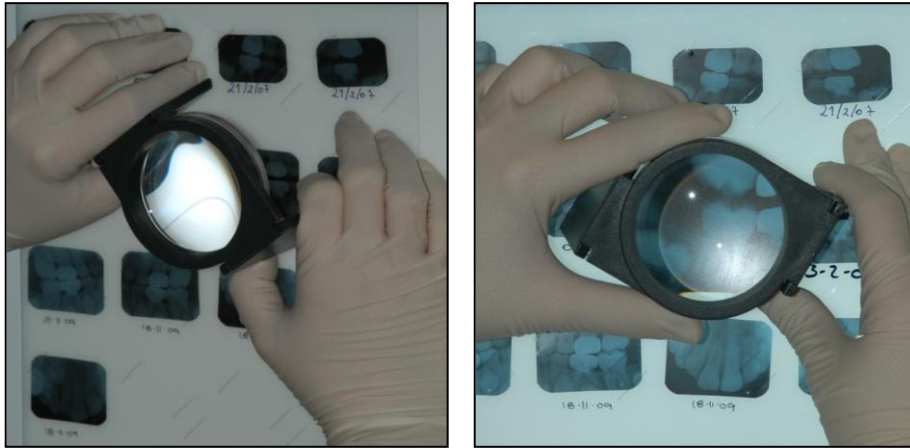


Figura 3. Lectura de las radiografías sobre negatoscopio y con lupa marca Eschenbach®, Germany, de 2,5 aumentos.

Se consideraba respuesta radiológica no favorable sí se encontraban alguno de los siguientes hallazgos:

- reabsorción radicular patológica externa o interna.
- lesión de la bifurcación radicular.
- ensanchamiento patológico del ligamento periodontal.
- signos de desplazamiento o desaparición del material de relleno pulpar, MTA.

Se consideraba respuesta biológica favorable cuando se evidenciaba:

- estenosis del conducto radicular, o
- presencia de puentes dentinarios.

La lectura y valoración de presencia/ausencia de estenosis y/o puentes dentinales se realizaba para cada uno de los conductos radiculares.

Análisis estadístico

Para la realización del análisis estadístico se dispuso de la ayuda del personal del Departamento de Apoyo a la Investigación de la UCM.

Se utilizó el programa informático de análisis estadístico SPSS 17.0 para Windows (SPSS, USA).

Se empleó una prueba de Kappa (K) para determinar las variaciones intra e inter observador.

Se realizó un análisis univariante (descriptivo), para la obtención de frecuencias y porcentajes de la respuesta clínica y radiográfica, incluyendo los hallazgos radiológicos considerados indicadores de una respuesta biológicamente favorable: puentes dentinarios y estenosis radicular.

Se realizó un ANOVA de Medidas Repetidas, con factor intra-sujeto “tiempo”, para comparar los resultados obtenidos en el mismo molar a lo largo del tiempo, y 2 factores inter-sujeto “molar” y “tipo de MTA” para comparar los resultados obtenidos entre los distintos molares y entre los dos tipos de MTA, a lo largo del tiempo, con la corrección de Greenhouse-Geisser.

Se realizó la prueba post-hoc de Bonferroni para el factor inter-sujetos “molar”, ya que presenta más de dos grupos (74, 75, 84, 85).

Para todas las pruebas se estableció el nivel de significancia estadística con una $p < 0,05$ y un intervalo de confianza de un 95%.

4. Resultados

4. Resultados

Los datos obtenidos por la investigadora y la examinadora, se compararon para obtener la concordancia entre los examinadores. Se aplicó el estadístico Kappa (κ) obteniéndose un valor de 0,93. Dado que la concordancia entre las examinadoras fue consistente, elegimos utilizar los datos obtenidos por la examinadora para el resto de los análisis estadísticos.

4.1. Evaluación del éxito del tratamiento pulpar

4.1.1. Respuesta clínica

En el control clínico realizado a los 6 meses, ninguno de los molares presentaba indicadores de fracaso del tratamiento. Es decir, en la mucosa no se presentaron signos de inflamación, cambio de color, abscesos, ni fístulas y los molares no tenían movilidad patológica, ni dolor a la presión o a la percusión.

En los controles siguientes, realizados con intervalos de 6 meses, se encontraron 2 molares, tratados con MTA Blanco, que presentaban absceso y movilidad no fisiológica; un primer molar superior izquierdo (54) presentó un absceso en la revisión de los 12 meses y un segundo molar superior izquierdo (55) en la revisión de los 36 meses. Ambos molares fueron extraídos.

Ninguno de los demás pacientes refirió haber padecido o padecer dolor, ya sea espontáneamente o con la masticación u otros estímulos.

4.1.2. Respuesta radiológica

El Agregado Trióxido Mineral permaneció como material de relleno de la cámara pulpar, durante todo el estudio, sin mostrar signos de reabsorción o desplazamiento a lo largo del tiempo. Esto pudo valorarse radiográficamente en todos los molares de la muestra.

En los controles radiológicos de los tratamientos realizados en los 210 molares que conformaron la muestra total únicamente se encontraron imágenes radiológicas indicadoras de respuesta pulpar no favorable en 6 molares. Las imágenes radiográficas eran compatibles con reabsorción radicular interna o en la bifurcación radicular (Figura 4 e 5). La descripción de los molares afectados, localización de la reabsorción y evolución se puede observar en la Tabla 3.

Diente	MTA	Meses transcurridos	Localización de las reabsorciones	Actuación terapéutica	Evolución
55	Blanco	12	Interna	Control	Exfoliación fisiológica a los 42 meses
64	Blanco	6	Furca	Control	Exfoliación fisiológica a los 36 meses
64	Gris	36	Furca	Control	Muestra perdida por abandono
75	Blanco	6	Furca	Control	Exfoliación fisiológica a los 42 meses
84	Blanco	12	Interna	Control	Extracción a los 36 meses
84	Blanco	12	Interna	Control	Exfoliación fisiológica a los 36 meses

Tabla 3. Descripción de los molares que presentaron imágenes radiológicas de reabsorción, según tipo de MTA, meses transcurridos desde el tratamiento, localización de la reabsorción, actuación terapéutica y evolución.

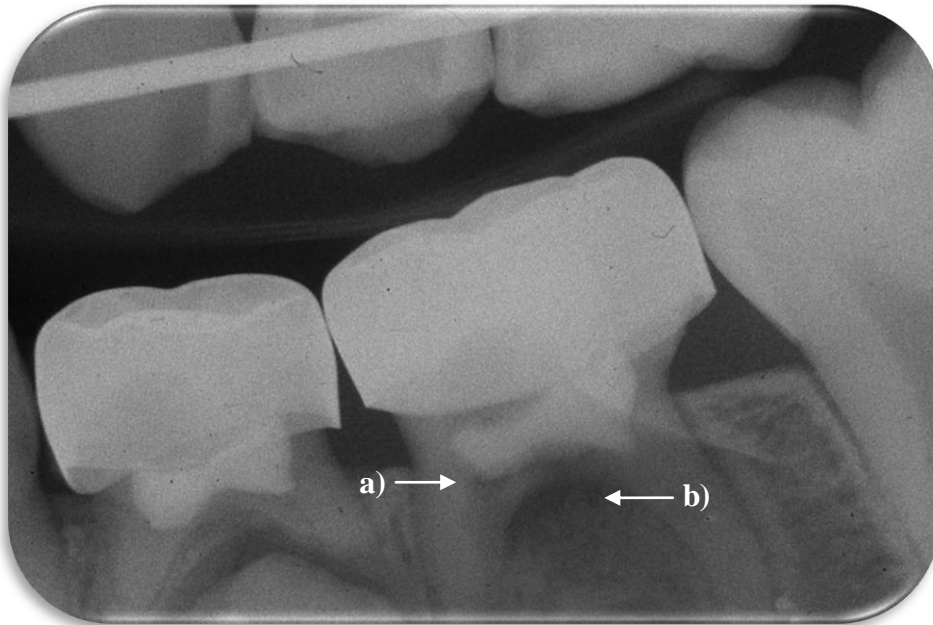


Figura 4. Imagen radiográfica compatible con reabsorción radicular interna (a) y en la bifurcación radicular (b), del segundo molar.

No fueron encontradas diferencias estadísticamente significativas entre los indicadores radiológicos de respuesta pulpar desfavorable en los molares tratados con MTA Gris y los molares tratados con MTA Blanco ($p=0,141$).

4.2. Evidencia de formación de dentina reparativa

En el estudio radiológico periódico se obtuvieron dos tipos de hallazgos radiológicos considerados indicadores de una respuesta biológicamente favorable de la pulpa amputada a la aplicación del preparado MTA. Así, en algunos de los conductos radiculares de los molares estudiados se evidenció:

- 1) Detección de una imagen de formación de un puente dentinario en el área inmediatamente apical al MTA adaptado en la cámara pulpar, es decir en la entrada del conducto radicular. (Figura 5 y 6)
- 2) Detección de una imagen radiológica de estenosis parcial, o reducción del diámetro interno, a lo largo de los conductos pulpaes radiculares. (Figura 7 y 8)

Aunque esas imágenes, consideradas como indicadoras de respuesta favorable, fueron detectadas tanto en molares superiores como en molares inferiores, únicamente se utilizaron los datos correspondientes a los conductos radiculares inferiores con el fin de evitar errores de lectura derivados de la superposición de las estructuras anatómicas que ocurre en la arcada superior. Los molares valorados fueron 120 con la distribución que puede observarse en la Tabla 1.



Figura 5. Imagen radiográfica obtenida 8 meses después del tratamiento con MTA Gris en la que se indica el puente dentinario.



Figura 6. Imagen radiográfica obtenida 16 meses después del tratamiento con MTA Blanco en la que se indica el puente dentinario.



Figura 7. *a) Imagen radiográfica previa al tratamiento de pulpotomía. b) Imagen radiográfica de la revisión 42 meses después del tratamiento de pulpotomía con MTA Gris. Se observa la estenosis de los conductos radiculares.*

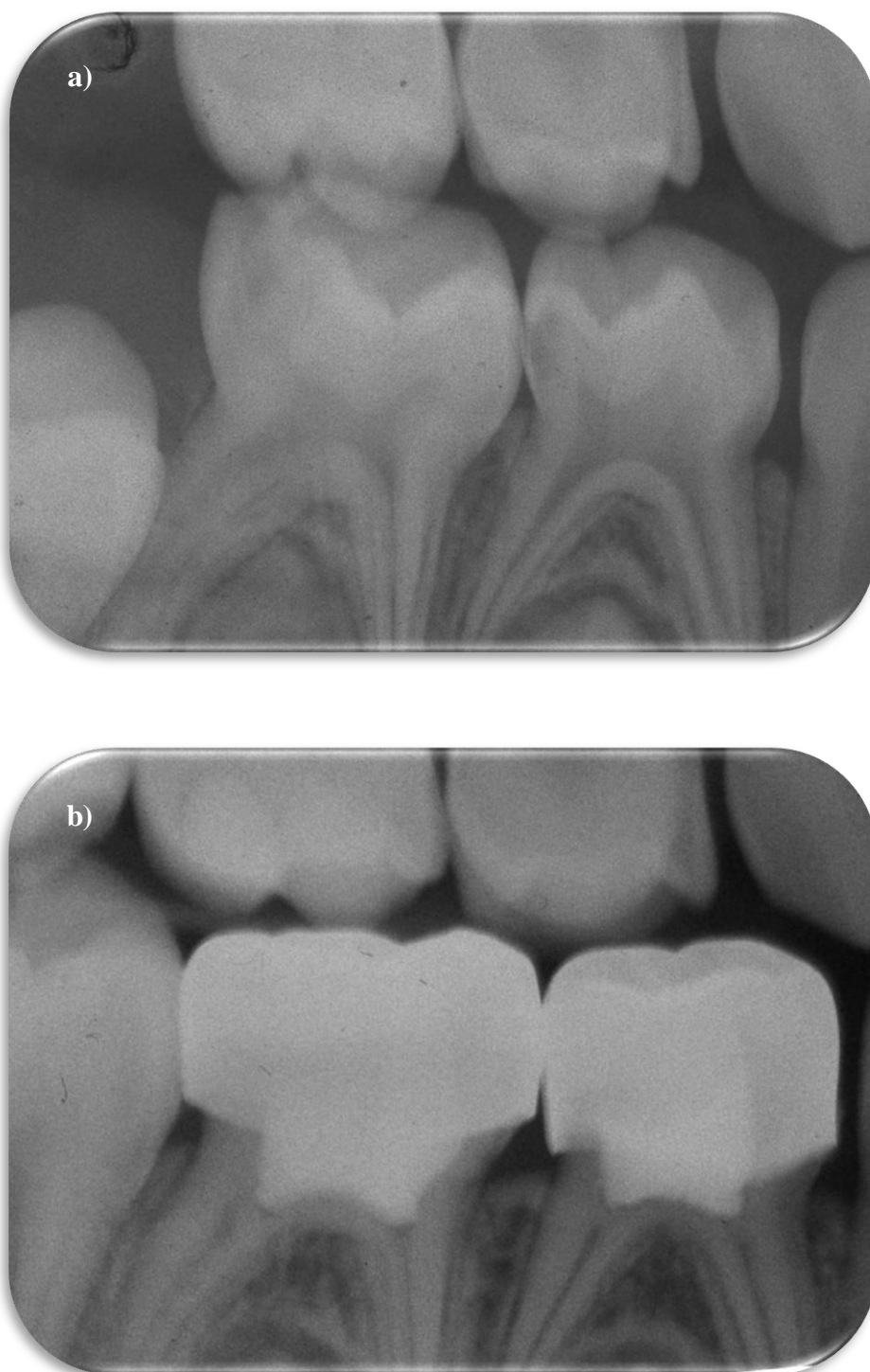


Figura 8. *a) Imagen radiográfica previa al tratamiento de pulpotomía. b) Imagen radiográfica de la revisión 15 meses después del tratamiento de pulpotomía con MTA Blanco. Se observa la estenosis de los conductos radiculares y puentes dentinarios.*

Para llevar a cabo el recuento total de las imágenes radiográficas, puentes y/o estenosis, se consideró individualmente cada conducto pulpar en cada molar; es decir que para cada molar se valoró independientemente la raíz mesial y la raíz distal. En muchos casos se detectaron imágenes de estenosis y de puente dentinario en el mismo conducto radicular. El número total de conductos pulpares estudiados con este fin fue de 240, de los cuales 82 conductos fueron tratados con MTA Gris y 158 conductos fueron tratados con MTA Blanco. El tiempo de seguimiento se prolongó desde los 6 a los 84 meses, recogiendo cada 6 meses los datos de la muestra que acudía a revisión. Los molares y conductos evaluados en cada momento se recopilan en la Tabla 4.

Tiempo	Número total de molares inferiores		Número total de conductos inferiores	
	MTA Gris	MTA Blanco	MTA Gris	MTA Blanco
6 meses	41	79	82	158
12 meses	35	72	70	144
18 meses	35	57	70	114
24 meses	33	45	66	90
30 meses	30	37	60	74
36 meses	25	29	50	58
42 meses	19	16	38	32
48 meses	16	10	32	20
54 meses	15	3	30	6
60 meses	12	1	24	2
66 meses	10	0	20	0
72 meses	8	0	16	0
78 meses	8	0	16	0
84 meses	5	0	10	0

Tabla 4. Recuento del total de molares y conductos estudiados radiológicamente en cada revisión semestral, para analizar los fenómenos de puente dentinario y estenosis radicular.

2.1. Puentes dentinarios. MTA Gris

En la Tabla 5 se recogen los resultados referidos a la evidencia de visualización de puentes dentinarios en los molares temporales con pulpotomías con MTA Gris. Los datos se agrupan en relación con el tiempo transcurrido, en el momento del control, desde que se hizo el tratamiento pulpar y se expresan en porcentajes de conductos que mostraban una respuesta biológica favorable con manifestación de puente dentinario. Se presentan los datos correspondientes a cada uno de los molares separadamente (74; 75; 84; 85), a los primeros y segundos molares valorados conjuntamente (74 y 84; 75 y 85), y al total de la muestra.

Tiempo	74		75		84		85		Total 1º Molares		Total 2º Molares		Total Molares	
	C	%	C	%	C	%	C	%	C	%	C	%	C	%
6 meses	24	20,8	26	26,9	16	62,5	16	50	40	27,5	42	35,7	82	31,7
12 meses	24	37,5	18	66,7	16	62,5	12	41,7	40	47,5	30	56,7	70	51,4
18 meses	24	45,8	18	72,2	16	62,5	12	41,7	40	52,5	30	66,7	70	58,6
24 meses	20	50	18	72,2	16	75	12	58,3	36	61,1	30	66,7	66	63,6
30 meses	18	55,6	16	81,3	14	85,7	12	58,3	32	68,8	28	71,4	60	70
36 meses	16	62,5	12	91,7	14	85,7	10	60	30	63,3	22	77,3	52	75
42 meses	12	66,7	10	90	10	80	6	83,3	22	72,7	16	86,5	38	79
48 meses	10	80	10	90	8	100	4	100	18	88,9	14	92,9	32	90,6
54 meses	8	87,5	10	90	8	100	4	100	16	93,8	14	92,8	30	93,3
60 meses	6	83,3	8	100	6	100	4	100	12	91,7	12	100	24	95,8
66 meses	6	83,3	4	100	6	100	4	100	12	91,7	8	100	20	95
72 meses	4	75	4	100	4	100	4	100	8	87,5	8	100	16	93,8
78 meses	4	75	4	100	4	100	4	100	8	87,5	8	100	16	93,8
84 meses	2	100	4	100	--	--	4	100	2	100	8	100	10	100

C: Conductos estudiados. %: Porcentaje

Tabla 5. Porcentaje de puentes dentinarios observados a lo largo del estudio en los molares inferiores tratados con pulpotomías realizadas con MTA Gris.

Analizando los datos de lo ocurrido en el total de la muestra estudiada se observa que, a los 6 meses, aproximadamente un tercio de los conductos (31,7%) ya presentaban formación de puentes dentinarios. En la revisión realizada a los 12 meses aproximadamente la mitad de los conductos (51,4%) presentaban puentes dentinarios. En las evaluaciones sucesivas el patrón de visualización de puentes dentinarios se iba incrementando hasta que en los datos recopilados a los 30 meses los puentes se visualizaban en más de dos terceras partes de los conductos estudiados (70%). Ese patrón de incremento en la presencia de puentes dentinarios se mantuvo a lo largo del tiempo hasta alcanzar la totalidad de los conductos en los datos recogidos a los 84 meses. Hay que resaltar, sin embargo, que al ser una muestra de molares de niños los datos que se han podido recoger entre los 5 y 7 años de seguimiento han pertenecido a una muestra más limitada.

Al evaluar los valores obtenidos en primeros molares temporales únicamente, se puede ver que, valorados conjuntamente los molares del lado derecho y del izquierdo, el patrón de formación de puentes dentinarios es básicamente similar al de la muestra total; es decir, en un tercio (27,5%) a los 6 meses, en la mitad de los conductos (47,5%) a los 12 meses y en aproximadamente dos tercios de los conductos (68,8%) a los 30 meses. Comparando los datos correspondientes a los primeros molares del lado derecho con los del izquierdo se aprecian porcentajes diferentes en uno y otro lado, siendo mucho más elevados los del molar del lado derecho (84) que los del lado izquierdo (74).

El análisis correspondiente a los segundos molares valorados conjuntamente mantiene el mismo patrón de frecuencias mencionada para la muestra total y para la muestra de primeros molares. Los datos correspondientes al lado derecho e izquierdo

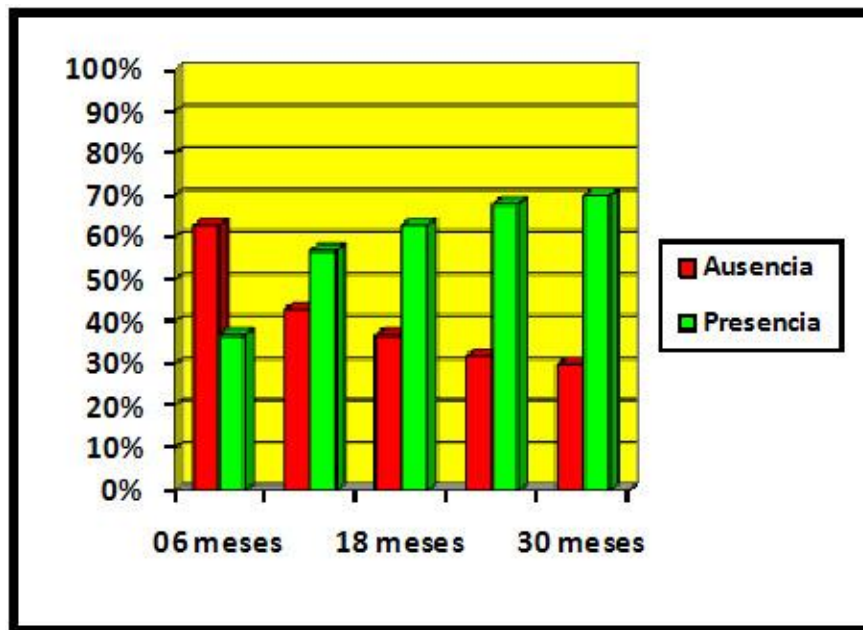
separadamente no mantienen ningún patrón de predominio derecha-izquierda como ocurría en los primeros molares.

Al igual que se ha mencionado al referirnos a la evolución de los datos de la muestra total a partir de los 30 meses, los controles de meses posteriores ha manifestado siempre un incremento en los porcentajes de puentes visualizados radiográficamente hasta alcanzar a la práctica totalidad de los conductos evaluados (Tabla 5).

Para comparar la existencia de diferencias y similitudes entre los molares del lado derecho y del lado izquierdo, así como entre primeros y segundos molares temporales en cada lado, referidos a puentes dentinarios obtenidos en los molares tratados con MTA Gris, se realizó un ajuste estadístico para proceder al análisis estadístico de medidas repetidas con factor intra-sujeto, tiempo de evolución y 2 factores inter-sujeto, tipo de MTA y molar. Para ello se seleccionaron los molares seleccionaron los molares con seguimiento durante 30 meses. Así, los datos utilizados para este análisis correspondieron a 134 conductos, 60 correspondientes a MTA Gris. Con este análisis se estudiaron posibles diferencias entre los porcentajes y en el perfil de comportamiento a lo largo del tiempo. No se obtuvieron diferencias significativas en cuanto a formación de puentes dentinarios, ni en la comparación de los porcentajes ni en la evolución del perfil. Tampoco se obtuvieron diferencias entre molares homólogos, ni entre molares primero y segundo de cada uno de los lados de la arcada inferior.

Tras el análisis estadístico realizado, se obtuvo, con un nivel de confianza del 95%, que el tiempo influye de forma estadísticamente significativa ($p < 0,001$) en la aparición de puentes dentinarios en los conductos radiculares de los molares temporales tratados mediante pulpotomía con MTA Gris. Así, comparando estadísticamente la evolución cada 6 meses durante 30 meses, observamos en los resultados que existe una

diferencia significativa al 95% entre los intervalos de tiempo 0-6 y 6-12 meses ($p<0,001$), 6-12 y 12-18 meses ($p=0,001$) y entre los intervalos 12-18 y 18-24 meses ($p=0,027$). Entre los intervalos de tiempo de 18-24 y 24-30 meses no fueron encontradas diferencias estadísticamente significativas (*Gráfica 1*).



Gráfica 1. Representación gráfica de la presencia/ausencia de puentes dentinarios observados a lo largo del tiempo en la totalidad de conductos tratados con MTA Gris.

4.2.2. Puentes dentinarios. MTA Blanco

Los valores correspondientes a puentes dentinarios formados con MTA Blanco y recopilados en los diferentes controles se recogen en la Tabla 6 con el mismo criterio de presentación que se ha utilizado en la tabla correspondiente al MTA Gris. El inicio de la comercialización y, por tanto, aplicación clínica del MTA Blanco ocurrió con posterioridad al MTA Gris por lo que el tiempo de seguimiento con el material Blanco ha alcanzado 60 meses en vez de los 84 meses alcanzados con el material Gris.

Tiempo	74		75		84		85		Total 1º Molares		Total 2º Molares		Total Molares	
	C	%	C	%	C	%	C	%	C	%	C	%	C	%
6 meses	36	19,4	46	19,6	40	22,5	36	11,1	76	21,1	82	15,9	158	18,5
12 meses	34	47,1	42	42,9	36	50	32	34,4	70	48,6	74	39,2	144	43,8
18 meses	32	46,9	34	47,1	22	59,1	26	38,5	54	51,9	60	43,3	114	47,4
24 meses	28	50	26	38,5	18	50	18	38,9	46	50	44	38,6	90	44,4
30 meses	24	54,2	22	40,9	12	66,7	16	43,8	36	58,3	38	42,1	74	50
36 meses	20	65	16	50	10	60	12	58,3	30	63,3	28	53,6	58	58,6
42 meses	12	75	10	40	4	25	6	66,7	16	62,5	16	50	32	56,2
48 meses	10	70	8	37,5	--	--	2	100	10	70	10	50	20	60
54 meses	4	75	2	100	--	--	--	--	4	75	2	100	6	83,3
60 meses	2	100	--	--	--	--	--	--	2	100	--	--	2	100
66 meses	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
72 meses	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
78 meses	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
84 meses	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

C: Conductos estudiados. %: Porcentaje

Tabla 6.- Porcentaje de conductos con evidencia de puentes dentinarios observados a lo largo del estudio en los molares inferiores tratados con MTA Blanco.

Siguiendo un análisis de los valores similar al utilizado para los puentes dentinarios con MTA Gris puede mencionarse que en la revisión realizada 6 meses después del tratamiento de pulpotomía fueron detectados puentes dentinarios en 29 de los 158 conductos pulpares inferiores. Esto corresponde a un 18,5% del total de los conductos. En la revisión realizada a los 12 meses los puentes dentinarios visualizados fueron 63 alcanzando casi la mitad de todos los evaluados (43,75%). A los 24 meses de seguimiento un 44,4% de los conductos presentaban puentes dentinarios (40 puentes) y a los 30 meses la mitad de los conductos presentaban puentes. Aunque el seguimiento ha continuado hasta los 60 meses los datos a resaltar deben referirse solo hasta los 48 meses en que se ha visualizado un 60% de puentes en los conductos estudiados ya que, posteriormente, la muestra evaluada es muy pequeña.

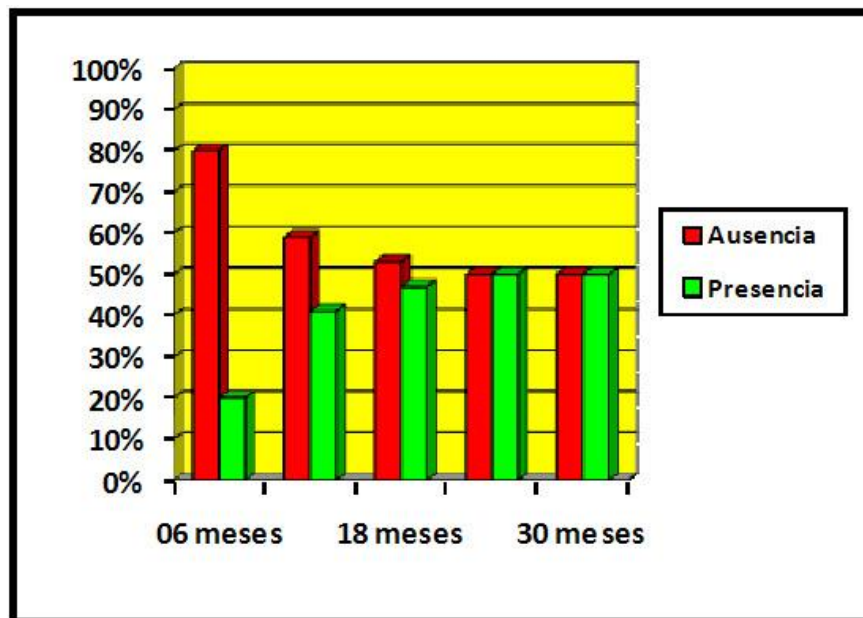
Los valores correspondientes a los primeros molares temporales, valorados en su totalidad, evidencian una evolución similar en los porcentajes y lo mismo ocurre en los valores de los molares del lado derecho e izquierdo separadamente. En este último caso hay algunas excepciones en los molares con más tiempo de seguimiento pero hay que poner de manifiesto que la muestra evaluada es escasa. De todos modos hay que resaltar que los porcentajes obtenidos para el molar del lado derecho (84) son siempre más elevados que los del lado izquierdo.

Los valores correspondientes a los segundos molares tienen, en general, el mismo patrón de frecuencias que ya se ha mencionado para la muestra total y para la muestra de primeros molares. Sin embargo, en este caso, no hay grandes diferencias en los porcentajes del lado derecho y del izquierdo.

La evolución de los valores a partir de los 30 meses ha sido la misma que ya se ha mencionado para la muestra total tanto en los primeros como en los segundos molares temporales.

Para la comparación mediante el análisis estadístico de medidas repetidas con el criterio mencionado en el MTA Gris se utilizaron 74 conductos de molares tratados con MTA Blanco. Estudiando las diferencias entre los porcentajes y en el perfil de comportamiento a lo largo del tiempo no se obtuvieron diferencias significativas en cuanto a formación de puentes dentinarios, ni en la comparación de los porcentajes ni en la evolución del perfil. Tampoco se obtuvieron diferencias entre molares homólogos, ni entre molares primero y segundo de cada uno de los lados de la arcada inferior.

Tras el análisis estadístico realizado, se obtuvo, con un nivel de confianza del 95%, que el tiempo influye de forma estadísticamente significativa ($p < 0,001$) en la aparición de puentes dentinarios en los conductos radiculares de los molares temporales tratados mediante pulpotomía con MTA. Así, comparando estadísticamente la evolución cada 6 meses durante 30 meses, observamos en los resultados que existe una diferencia significativa al 95% entre los intervalos de tiempo 0-6 y 6-12 meses ($p < 0,001$), 6-12 y 12-18 meses ($p = 0,001$) y entre los intervalos 12-18 y 18-24 meses ($p = 0,027$). Entre los intervalos de tiempo de 18-24 y 24-30 meses no fueron encontradas diferencias estadísticamente significativas. (*Gráfica 2*)



Gráfica 2. Representación gráfica de la presencia/ausencia de puentes dentinarios observados a lo largo del estudio en la totalidad de conductos tratados con MTA Blanco.

4.2.3. Estenosis radicular. MTA Gris

La frecuencia de presentación de estenosis radicular en los conductos de los molares temporales inferiores que habían recibido tratamiento de pulpotomía con MTA Gris se recogen en la Tabla 7. Los cuatro molares inferiores se analizan separadamente y agrupados en primeros, segundos molares y todos conjuntamente.

Tiempo	74		75		84		85		Total 1º Molares		Total 2º Molares		Total Molares	
	C	%	C	%	C	%	C	%	C	%	C	%	C	%
6 meses	24	16,7	26	19,2	16	--	16	18,8	40	10	42	19	82	14,6
12 meses	24	41,7	18	72,2	16	62,5	12	58,3	40	50	30	66,7	70	57,1
18 meses	24	58,3	18	72,2	16	87,5	12	83,3	40	70	30	76,7	70	72,9
24 meses	20	70	18	83,3	16	100	12	100	36	83,3	30	90	66	86,4
30 meses	18	77,8	16	81,3	14	100	12	100	32	87,5	28	89,3	60	88,3
36 meses	16	75	12	91,7	14	100	10	100	30	86,7	22	95,5	50	90,4
42 meses	12	75	10	90	10	100	4	100	22	86,4	14	92,9	38	89,5
48 meses	10	70	10	90	8	100	4	100	18	83,3	14	92,9	32	87,5
54 meses	8	62,5	10	90	8	100	4	100	16	81,3	14	92,9	30	86,7
60 meses	6	66,7	8	100	6	100	4	100	12	83,3	12	100	24	91,7
66 meses	6	66,7	4	100	6	100	4	100	12	83,3	8	100	20	90
72 meses	4	50	4	100	4	100	4	100	8	75	8	100	16	87,5
78 meses	4	50	4	100	4	100	4	100	8	75	8	100	16	87,5
84 meses	2	100	4	100	--	--	4	100	2	100	8	100	10	100

C: Conductos estudiados. %: Porcentaje

Tabla 7. Porcentaje de conductos con estenosis radicular observada a lo largo del estudio en los molares inferiores tratados con MTA Gris.

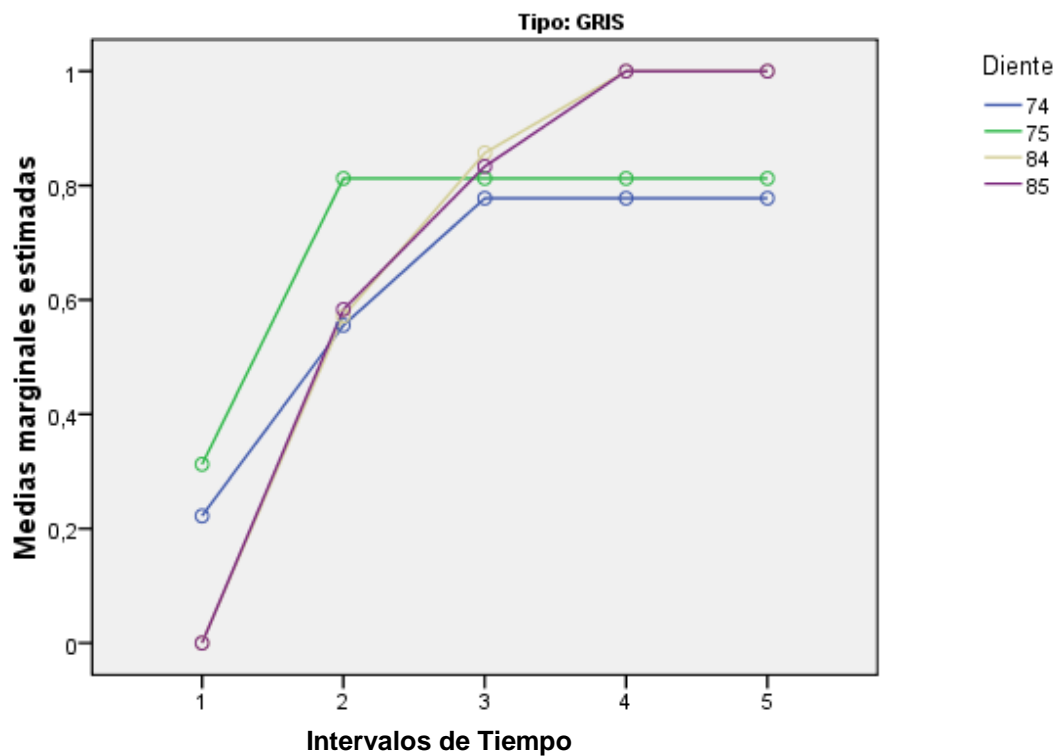
La evidencia de estenosis obtenida en el control a los 6 meses, y en la muestra en conjunto, es ligeramente inferior a uno de cada seis conductos evaluados (14,6%) observándose en 12 de los 82 conductos tratados con MTA Gris.

A los 12 meses después de la intervención se detectó estenosis pulpar en 40 de los 70 conductos tratados con MTA Gris (57,1%). A los 18 meses 51 de los 70 conductos evaluados (72,9%) presentaban estenosis. Trascurridos 24 meses del tratamiento la estenosis pulpar se detectó en 57 de los 66 conductos tratados con MTA Gris (86,4%). A partir de ese momento la frecuencia se ha incrementado ligeramente durante todo el periodo de seguimiento, hasta los 84 meses.

La valoración de las frecuencias correspondientes a los primeros molares, examinados en su conjunto, refleja que a los 12 meses del tratamiento la mitad (50%) de los conductos analizados tienen estenosis radicular y a los 18 (70%) y a los 24 meses (83,3%) ya son visibles en aproximadamente 3 de cada 4 conductos. A partir de ese momento las frecuencias se van incrementando ligeramente hasta al final del seguimiento, tal como ocurría en la muestra total. En general, los porcentajes de estenosis encontrados, para un mismo momento cronológico, han sido más elevados para los primeros molares del lado derecho.

En los segundos molares temporales inferiores analizados aproximadamente 1 de cada 5 conductos presentaban estenosis en la revisión de los 6 meses. Estos molares exhibieron un alto porcentaje de estenosis radicular en la revisión realizada a los 12 meses: 72,2% en el molar 75; 58,3% en el molar 85; 66,7% en toda la muestra de segundos molares. Posteriormente las evidencias de estenosis han sido cada vez más frecuentes hasta alcanzar el 100% en todos los conductos estudiados.

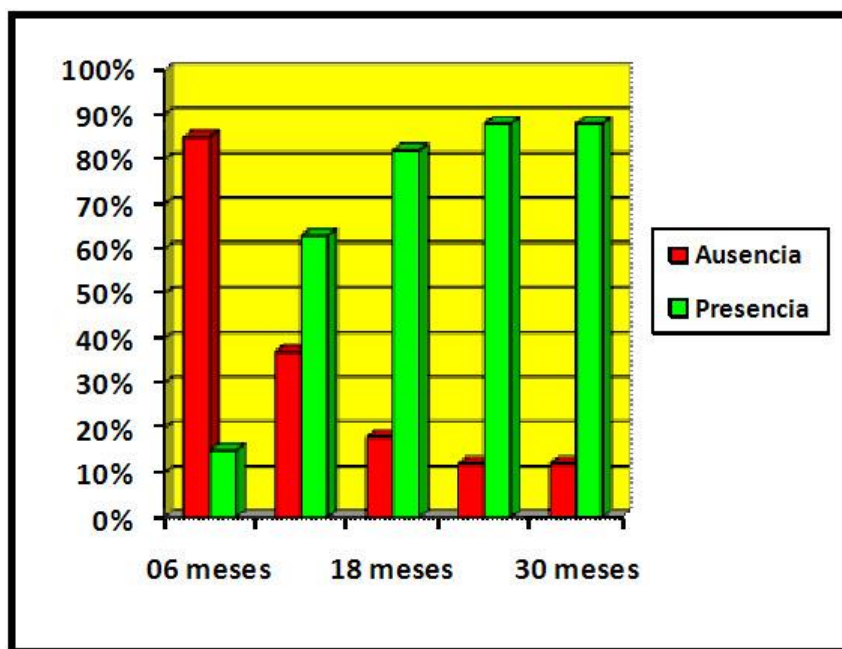
Como se ha mencionado, se realizó el análisis estadístico de medidas repetidas basado en el mismo grupo de datos utilizados para la valoración de los puentes dentinarios. La evolución del perfil de respuesta de estenosis a lo largo del tiempo se obtuvieron diferencias significativas entre los molares inferiores izquierdos (74 y 75) y los molares inferiores derechos (84 y 85) ($p=0,002$). (Gráfica 3)



Gráfica 3. Representación gráfica de la evolución del perfil de respuesta de estenosis radicular a lo largo del tiempo en cada uno de los grupos de molares.

No se obtuvieron diferencias significativas en la comparación de los porcentajes y tampoco entre molares homólogos ni primero y segundo de cada hemiarcada.

El tiempo transcurrido influye de forma estadísticamente significativa ($p<0,001$; nivel de confianza 95%) en la aparición de estenosis radicular en los molares temporales tratados mediante pulpotomía con MTA Gris. La evolución cada 6 meses permitió ver que en los resultados hay una diferencia significativa entre los intervalos de tiempo 0-6 y 6-12 meses ($p<0,001$), 6-12 y 12-18 ($p<0,001$) meses y entre los intervalos 12-18 y 18-24 meses ($p=0,001$; intervalo de confianza 95%). Entre los intervalos de tiempo de 18-24 y 24-30 meses no fueron encontradas diferencias estadísticamente significativas. (Gráfica 4).



Gráfica 4. Representación gráfica de la presencia/ausencia de estenosis radicular observada a lo largo del tiempo en la totalidad de conductos tratados con MTA Gris.

4.2.4. Estenosis radicular. MTA Blanco

Los conductos estudiados para evaluar la respuesta dentinaria favorable manifestada como estenosis radicular en las pulpotomías realizadas con MTA Blanco se recogen en la Tabla 8 desglosadas por dientes y para cada uno de los controles realizados.

Tiempo	74		75		84		85		Total 1º Molares		Total 2º Molares		Total Molares	
	C	%	C	%	C	%	C	%	C	%	C	%	C	%
6 meses	36	19,4	46	26,1	40	22,5	36	30,6	76	21,1	82	28	158	24,7
12 meses	34	41,2	42	61,9	36	41,7	32	71,9	70	41,4	74	66,2	144	54,2
18 meses	32	62,5	34	64,7	22	54,5	26	73	54	59,3	58	70,7	114	64
24 meses	28	82,1	26	73,1	18	50	18	94,4	46	69,6	44	81,8	90	75,6
30 meses	24	87,5	22	77,3	12	50	16	93,8	36	75	38	84,2	74	79,7
36 meses	20	95	16	93,8	10	70	12	100	30	86,7	28	96,4	58	91,4
42 meses	12	91,7	10	90	4	100	6	100	16	93,8	16	93,8	32	93,8
48 meses	10	90	8	100	--	--	2	100	10	90	10	100	20	95
54 meses	4	100	2	100	--	--	--	--	4	100	2	100	6	100
60 meses	2	100	--	--	--	--	--	--	2	100	--	--	2	100
66 meses	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
72 meses	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
78 meses	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
84 meses	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

C: Conductos estudiados. %: Porcentaje

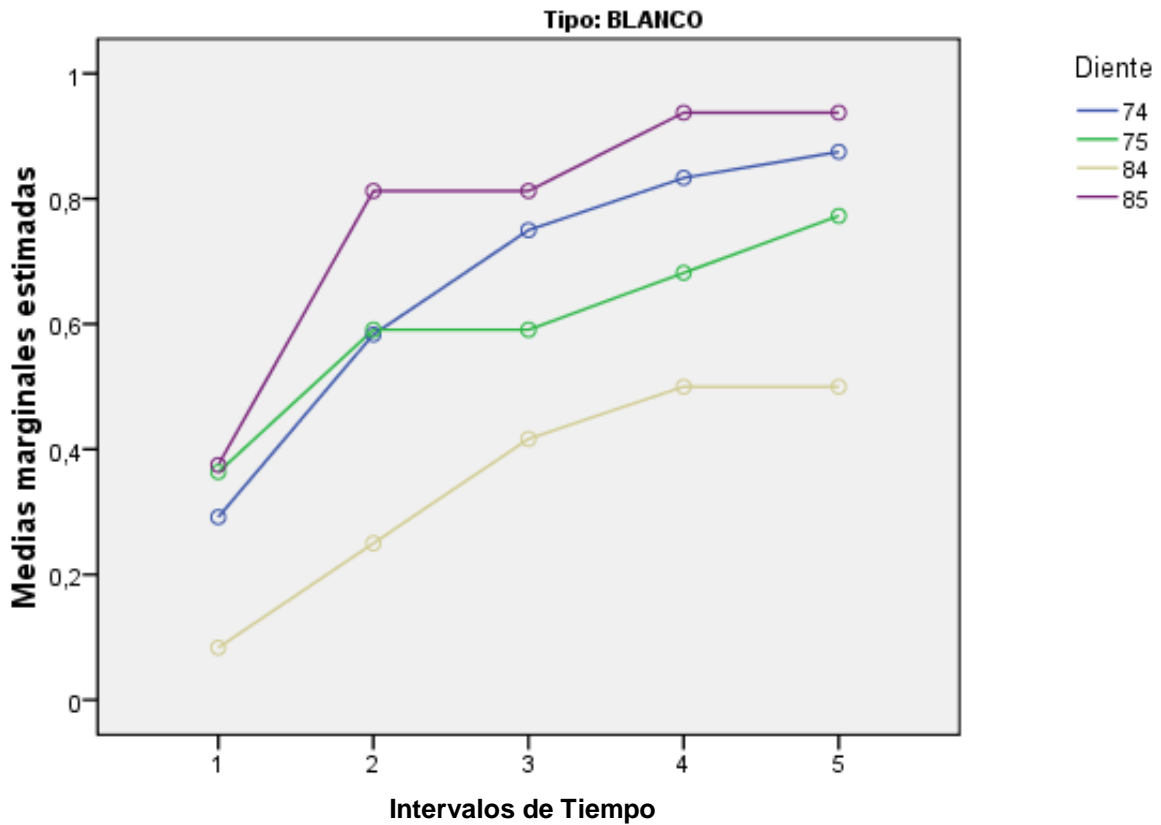
Tabla 8. Porcentaje de conductos con estenosis radicular observada a lo largo del estudio en los molares inferiores tratados con MTA Blanco.

Seis meses después de realizar el tratamiento, uno de cada 4 conductos (24,68%) presentaba estenosis (39 de los 158 conductos estudiados). En la revisión realizada 12 meses después de la intervención se detectó estenosis pulpar en 78 de los 144 conductos tratados con MTA Blanco (54,17%). Trascurridos 24 meses del tratamiento, la estenosis

pulpar se detectó en 68 de los 90 conductos tratados con MTA Blanco (75,55%) y 79% a los 30 meses. El patrón de incremento de estenosis se ha observado a lo largo del tiempo hasta afectar a la totalidad de los conductos. Debemos manifestar que después de 4 años de seguimiento la muestra es mucho más escasa.

El perfil de incremento de los porcentajes de estenosis encontrados, en relación con el tiempo transcurrido hasta que se hacen los controles, sigue un patrón similar a lo descrito para el MTA Gris aunque los valores absolutos son diferentes como se puede apreciar en la Tabla 8.

Para comparar la existencia de diferencias y similitudes entre los molares del lado derecho y del lado izquierdo, así como entre primeros y segundos molares temporales en cada lado, referidos a estenosis radicular obtenida en los molares tratados con MTA Blanco, se realizó el análisis estadístico de medidas repetidas con factor intra-sujeto, tiempo de evolución y 2 factores inter-sujeto, tipo de MTA y molar. Este análisis permitió ver las diferencias entre los porcentajes y en el perfil de comportamiento a lo largo del tiempo. Así, aunque no fueron encontradas diferencias estadísticamente significativas en el comportamiento de los distintos molares a lo largo del tiempo, fue posible observar que el comportamiento de los distintos molares se puede agrupar en dos patrones, uno correspondiente a los primeros molares (74 y 84) y otro correspondiente a los segundos molares (75 y 85) (*Gráfica 5*).

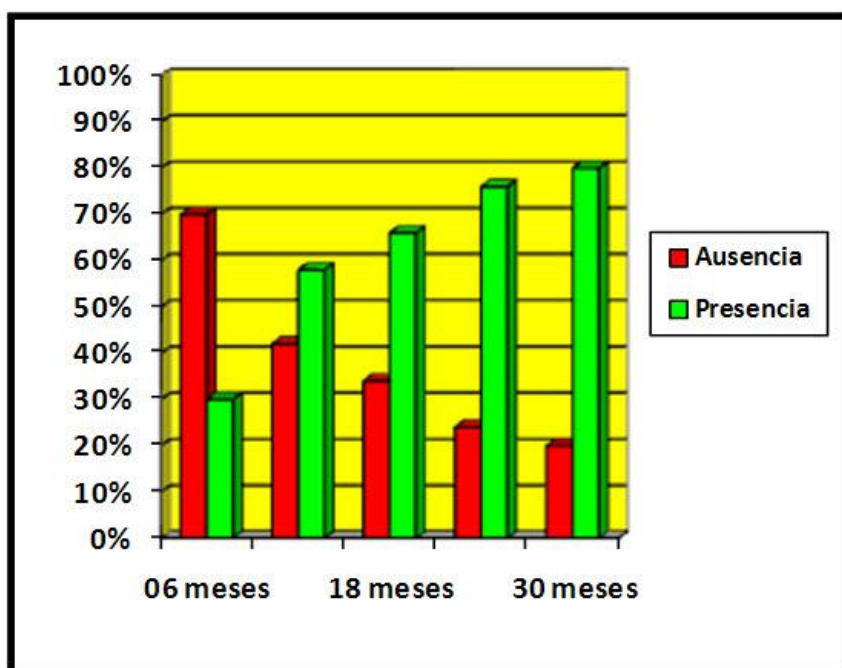


Gráfica 5. Representación gráfica de la evolución del perfil de respuesta de estenosis radicular a lo largo del tiempo según el molar, para el MTA Blanco.

Valorando los porcentajes obtenidos para la presencia de estenosis radicular en los distintos molares (74, 75, 84 y 85), fueron encontradas diferencias estadísticamente significativas ($p=0,017$) entre el porcentaje de estenosis radicular en los primeros molares inferiores derechos y los segundos molares inferiores derechos (*Gráfica 8*).

A través del análisis estadístico de medidas repetidas basado en la misma muestra utilizada para la valoración de los puentes dentinarios, se concluyó que, con un nivel de confianza del 95%, el tiempo influye de forma estadísticamente significativa ($p<0,001$) en la aparición de estenosis radicular en los molares temporales tratados mediante pulpotomía con MTA Blanco. Así, comparando estadísticamente la evolución

cada 6 meses durante 30 meses, observamos en los resultados que existe una diferencia significativa al 95% entre los intervalos de tiempo 0-6 y 6-12 meses ($p<0,001$), 6-12 y 12-18 ($p<0,001$) meses y entre los intervalos 12-18 y 18-24 meses ($p=0,001$). Entre los intervalos de tiempo de 18-24 y 24-30 meses no fueron encontradas diferencias estadísticamente significativas (*Gráfica 6*).



Gráfica 6. Representación gráfica de la presencia/ausencia de estenosis radicular observada a lo largo del estudio en la totalidad de conductos estudiados.

4.3. Comparación del MTA Gris y MTA Blanco

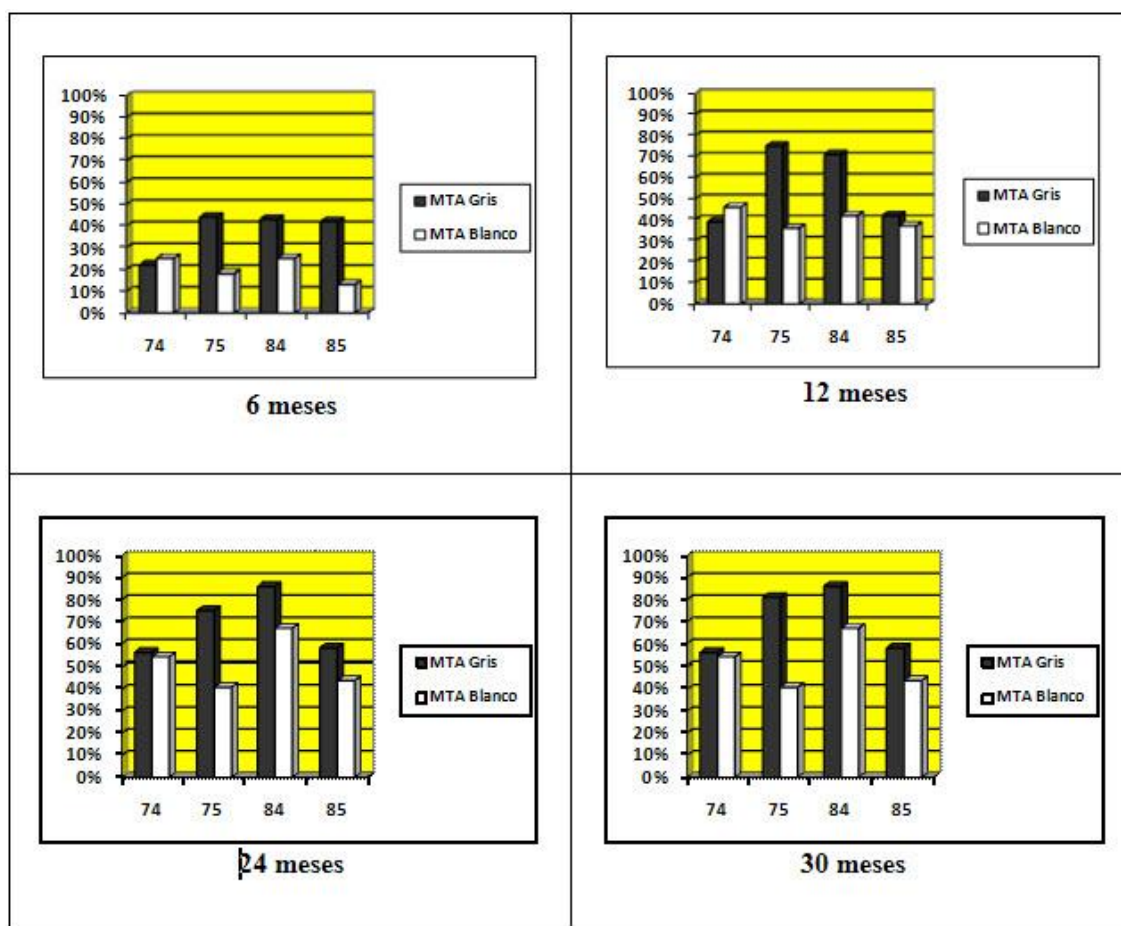
A continuación se expresan los resultados obtenidos al comparar la respuesta biológica favorable manifestada como formación de puentes dentinarios o estenosis radicular en los molares tratados con pulpotomía con MTA gris y aquellos en los que se ha realizado pulpotomía con MTA Blanco.

La existencia de diferencias y similitudes de respuesta a la utilización de uno u otro material, tanto en la formación de puentes dentinarios como en la formación de dentina radicular, se realizó el ajuste estadístico y se procedió al análisis estadístico de medidas repetidas con factor intra-sujeto, tiempo de evolución y 2 factores inter-sujeto, tipo de MTA y molar. Como se ha mencionado se seleccionaron los molares con seguimiento durante 30 meses. Así, los datos utilizados para este análisis correspondieron a 134 conductos, 60 correspondientes a MTA Gris y 74 correspondientes a MTA Blanco.

4.3.1. Puentes dentinarios

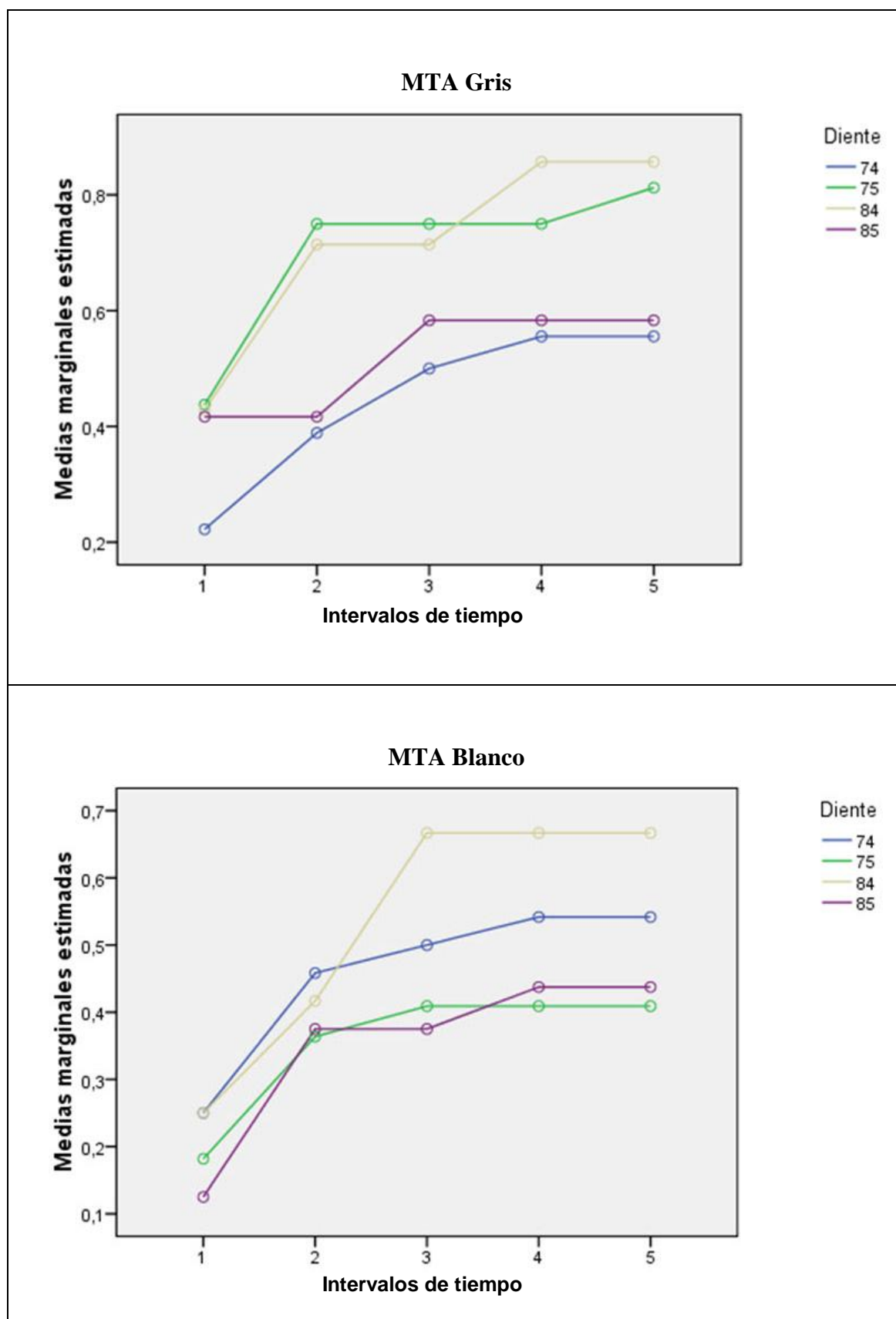
Al comparar la respuesta manifestada con formación e puentes dentinarios en los conductos tratados con MTA Gris y los conductos tratados con MTA Blanco se obtiene que, globalmente, el porcentaje de puentes dentinarios es mayor en los conductos expuestos al MTA Gris que en los conductos expuestos al MTA Blanco. Esta diferencia fue estadísticamente significativa al 95% ($p=0,029$).

En la Gráfica 7 se representan los porcentajes de puentes dentinarios encontrados a los 6, 12, 24 y 30 meses tanto con MTA Gris como con el MTA Blanco.



Gráfica 7. Representación gráfica del porcentaje de puentes dentinarios observados en los distintos molares tratados con MTA Gris o MTA Blanco a lo largo de 30 meses de evolución.

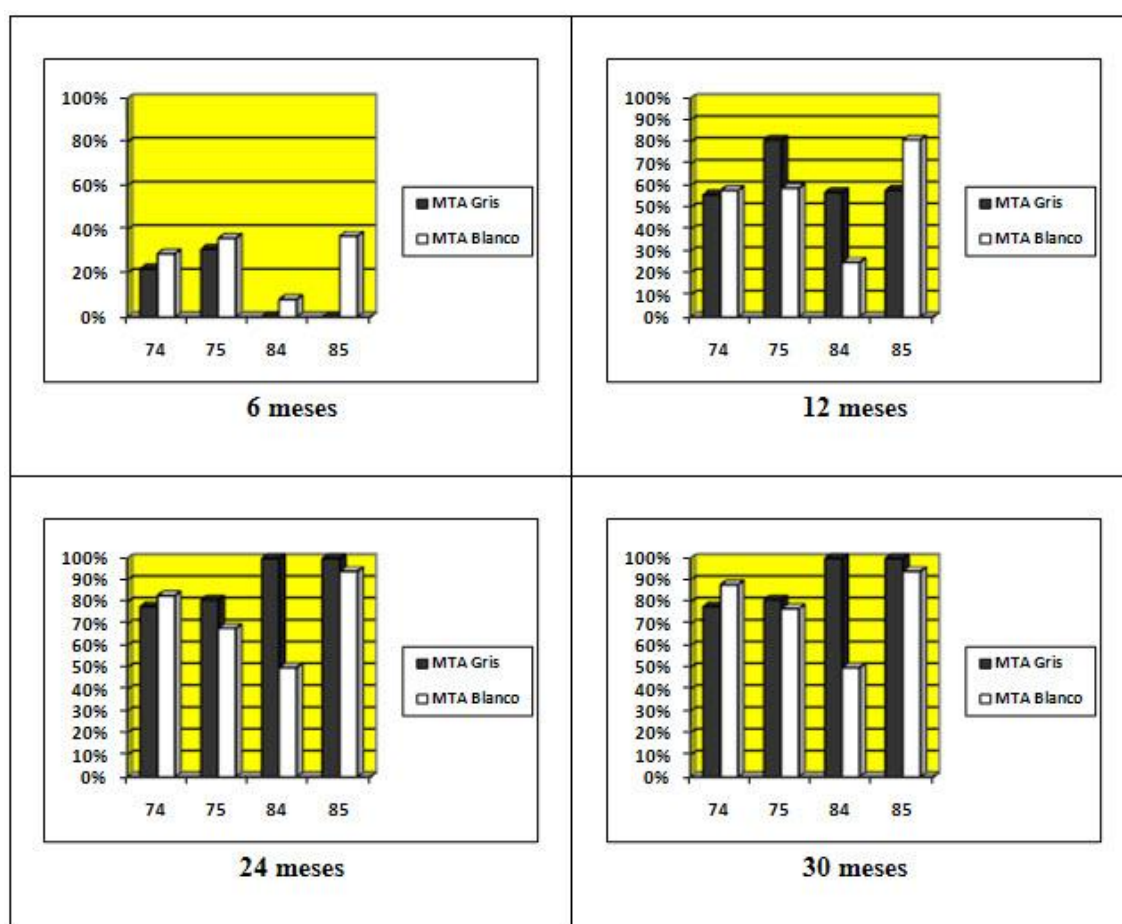
Analizando el perfil de comportamiento de los dos tipos de MTA Gris y Blanco no se obtuvieron diferencias significativas al 95% en el comportamiento de los dos tipos de MTA, Gris y Blanco, a lo largo del tiempo (Gráfica 8).



Gráfica 8. Representación gráfica de la evolución del perfil de respuesta de puentes dentinarios a lo largo del tiempo, según el molar, para el MTA Gris y MTA Blanco.

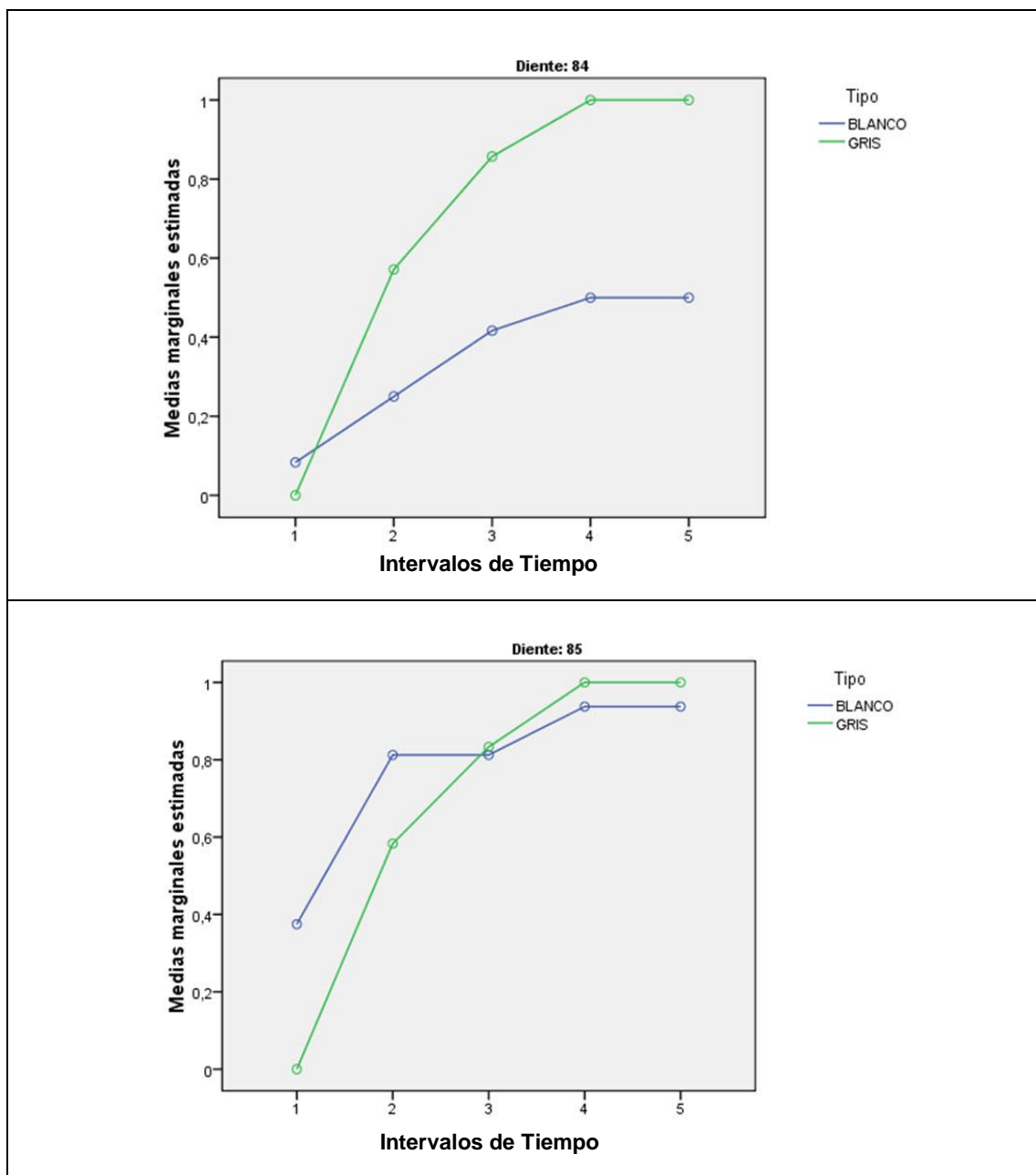
4.3.2. Estenosis radicular

Valorando los resultados obtenidos para la presencia de estenosis radicular en función del tipo de MTA utilizado, Gris o Blanco, independientemente del tipo de molar (74, 75, 84 y 85) observamos que a lo largo del estudio los conductos tratados con MTA Gris exhibieron un mayor porcentaje de estenosis radicular que los conductos tratados con MTA Blanco pero sin que existieran diferencias estadísticamente significativas (Gráfica 9).



Gráfica 9. Representación gráfica del porcentaje de estenosis radicular observada en los distintos molares tratados con MTA Gris o MTA Blanco a lo largo de 30 meses de evolución.

De la comparación del perfil de comportamiento del MTA Gris y del MTA Blanco, en relación a la respuesta manifestada como estenosis radicular únicamente se encontraron diferencias estadísticamente significativas en los molares inferiores del lado derecho, primero ($p=0,005$) y segundo ($p=0,024$) (*Gráfica 10*).



Gráfica 10. Representación gráfica de la evolución del perfil de respuesta de estenosis radicular a lo largo del tiempo en los primeros molares inferiores derechos (84) y segundos molares inferiores derechos (85) tratados con MTA Gris o MTA Blanco.

4.4. Morfología de los premolares

En el diseño del estudio nos hubiera gustado obtener los datos referidos a la cronología de exfoliación de los molares en que se utilizaba tanto el MTA Gris como el MTA Blanco, comparándolos con los correspondientes molares contralaterales.

Del mismo modo presentaba interés recoger los datos referidos a la cronología e secuencia de los premolares que sustituyeron a los molares temporales tratados con MTA, sin embargo el análisis preliminar del universo del estudio hizo ver que con los datos disponibles no era posible cubrir estos objetivos. No obstante durante el tiempo de recopilación de los datos (9 meses) se encontró la exfoliación fisiológica de 56 molares, 37 tratados con MTA Gris y 19 tratados con MTA Blanco.

La distribución de los molares que se exfoliaron fisiológicamente durante el tiempo de recopilación de los datos se recoge en la Tabla 9 especificando molar exfoliado y tiempo que había transcurrido desde la realización de la pulpotomía. La distribución por molares y la dispersión en el tiempo no permiten hacer ningún análisis estadístico, sin embargo, se ha podido analizar la morfología de los premolares que han erupcionado y ninguno de estos casos ha presentado signos de alteración de color, estructura o posición. (Figuras 9, 10 y 11)

MTA Gris			MTA Blanco		
Diente	N	Tiempo (meses)	Diente	N	Tiempo (meses)
54	1	18	54	1	12
	1	42		1	36
	1	54	55	1	12
	1	42		1	42
55	2	42	64	1	18
	1	54		1	30
	1	72		1	36
64	2	24	65	0	-
	1	30	74	1	36
	1	36		1	42
	2	54		1	48
65	1	42		1	54
	1	54	75	1	12
74	2	18		2	24
	1	30		1	36
	1	36		1	42
	1	42		1	48
	1	48	84	1	36
	1	54	85	1	12
	1	66	Total		19
	1	78			
75	2	30			
	1	48			
	1	60			
	1	84			
84	1	36			
	1	42			
	1	54			
	1	72			
	1	78			
85	1	30			
	1	42			
Total	37				

Tabla 9. Recuento de los molares que exfoliaron fisiológicamente en función del tipo de MTA utilizado, especificando el molar y el tiempo transcurrido desde la realización del tratamiento hasta su exfoliación.

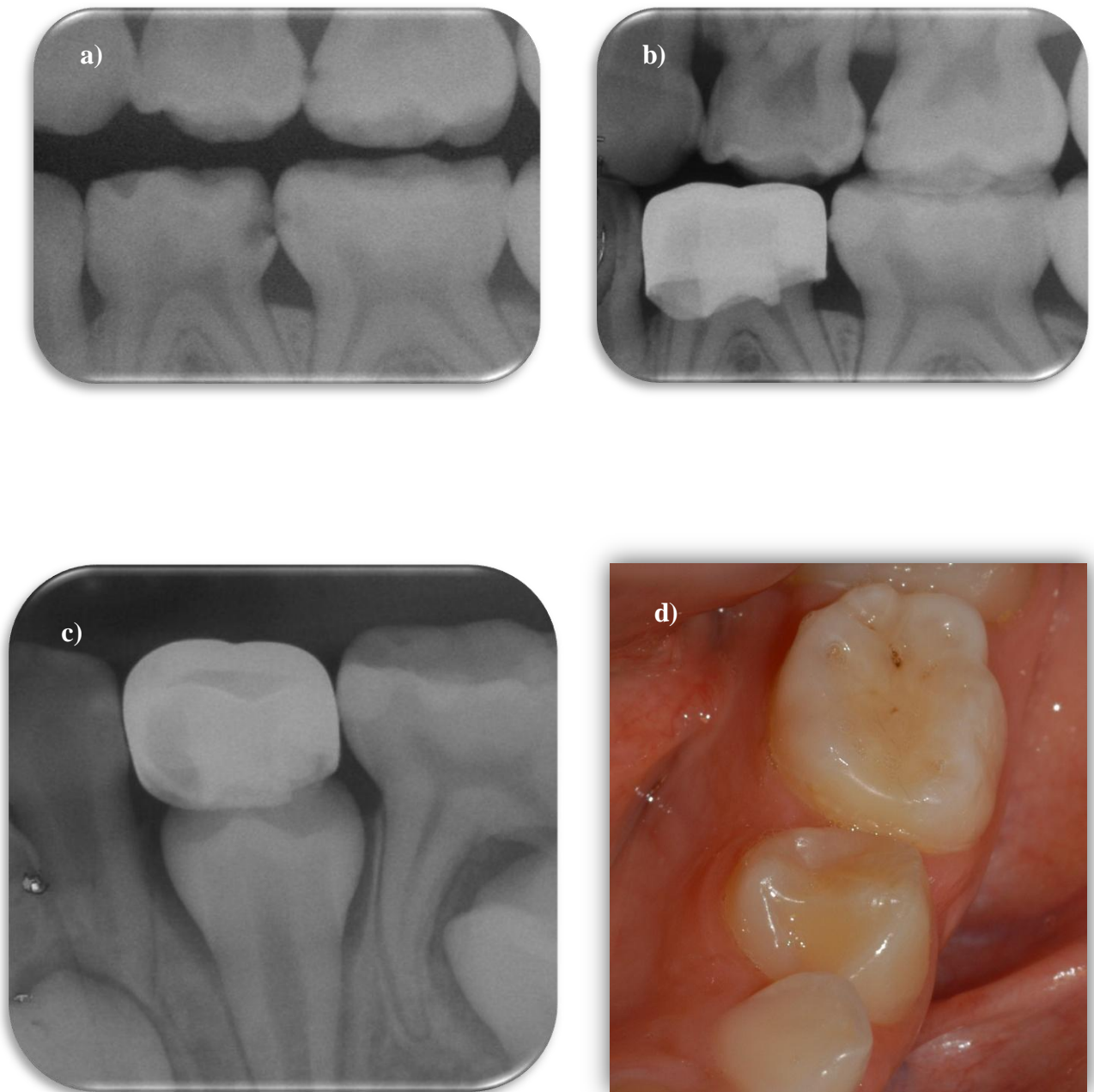


Figura 9. *a) Imagen radiográfica previa al tratamiento de pulpotomía. b) Imagen radiográfica de la revisión 6 meses después del tratamiento de pulpotomía con MTA Gris. c) Imagen radiográfica de la revisión 16 meses después del tratamiento de pulpotomía d) Imagen clínica de los premolares sucesores en boca realizada 8 años después del tratamiento.*

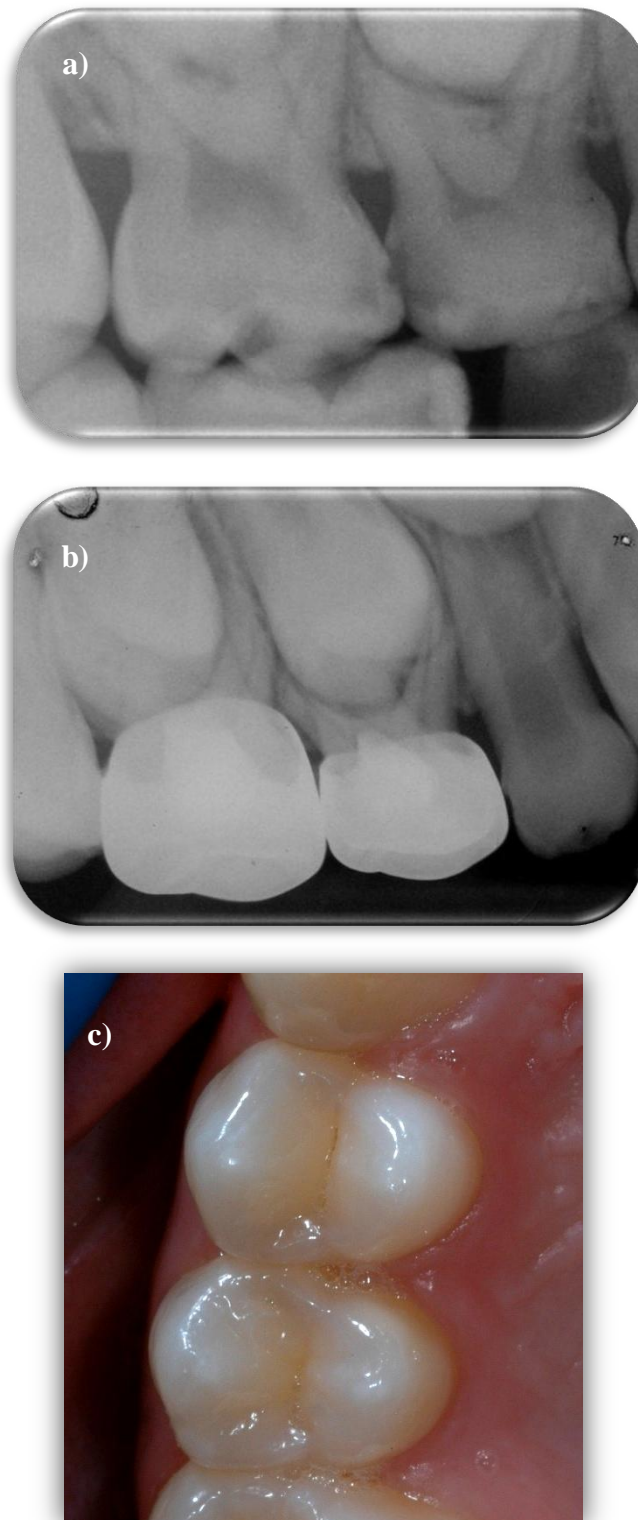


Figura 10. *a) Imagen radiográfica previa al tratamiento de pulpotomía. b) Imagen radiográfica de la revisión 6 meses después del tratamiento de pulpotomía con MTA Gris. c) Imagen clínica de los premolares sucesores en boca realizada 6 años después del tratamiento.*

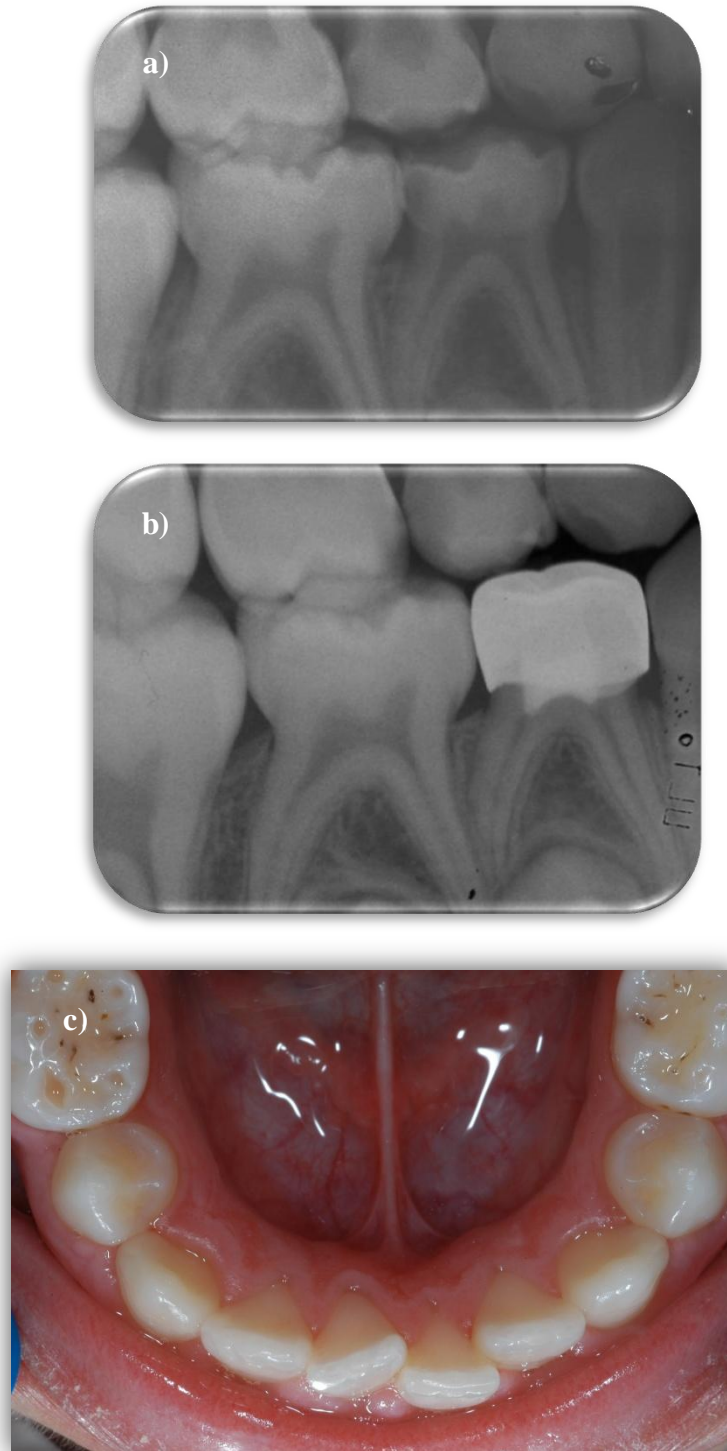


Figura 11. *a) Imagen radiográfica previa al tratamiento de pulpotomía. b) Imagen radiográfica de la revisión 6 meses después del tratamiento de pulpotomía con MTA Blanco. c) Imagen clínica de los premolares sucesores en boca realizada 6 años después del tratamiento. Se observa la ausencia de signos de alteración de color, estructura o posición en comparación con el contralateral.*

5. Discusión

5. Discusión

La pulpotomía es el tratamiento pulpar más frecuentemente realizado en dientes temporales, y, dado que al formocresol se le han descrito propiedades tóxicas, mutagénicas y carcinogénicas, muchos especialistas en Odontopediatría sigan buscando una alternativa que pueda sustituir al formocresol en estos tratamientos. Este material debería permitir un rango de éxito clínico y radiográfico igual o superior al demostrado con la aplicación del formocresol y sobre todo debería ser más biocompatible y no tóxico (13, 182, 187).

El MTA ha sido propuesto como un medicamento para diversos tratamientos pulpares en dientes permanentes, como recubrimiento pulpar, apexificación, reparación de perforaciones radiculares, etc., y demostró resultados muy buenos (13, 57, 106, 135, 165-177). En base a características como su biocompatibilidad y capacidad de sellado, se llevaron a cabo diversos estudios para evaluar su eficacia como agente en pulpotomías de molares temporales (11-13, 182, 184-192). Hasta estos estudios realizados con MTA, ninguno de los productos propuestos como alternativas al formocresol demostró una eficacia superior, o mejores resultados clínicos en pulpotomías de dientes temporales (21, 83).

5.1. Consideraciones acerca del material y método del estudio

La muestra seleccionada para este trabajo, en base a los criterios de inclusión-exclusión, constaba inicialmente de 233 molares. Dado que 23 molares correspondían a pacientes que se perdieron, la muestra final del estudio fue de 210 molares, que se evaluaron periódicamente durante un tiempo máximo de 84 meses después de realizado el tratamiento pulpar mediante pulpotomía con Agregado Trióxido Mineral.

Este tamaño muestral supera ampliamente a los referidos en la mayoría de los estudios publicados acerca de la investigación clínica de la aplicación de MTA en tratamientos de pulpotomía en dientes temporales humanos, tanto en el tamaño de la muestra como en el tiempo de seguimiento. Esta diferencia es marcada incluso con autores que parecen tener amplia experiencia investigadora en estudios similares al planteado por nosotros. Así, autores como Eidelman y cols. (182) estudiaron los efectos terapéuticos del MTA en 32 molares, 15 de ellos tratados con el material formocresol y 17 con MTA, por un tiempo máximo de seguimiento de 25 meses, mostrándose los resultados de los tratamientos con MTA de 9 molares estudiados durante un máximo de 6 a 12 meses, de 3 molares estudiados durante un máximo de 13 a 18 meses, de 4 estudiados durante un máximo de 19 a 24 meses y de uno de ellos estudiado durante 25 meses; Agamy y cols. (185) compararon los resultados obtenidos con la utilización de MTA Gris, MTA Blanco o formocresol en pulpotomías de 60 molares temporales por un periodo de 12 meses; Holan, Eidelman y Fuks (186) realizaron la evaluación de 33 pulpotomías en molares temporales tratados con MTA y 29 molares tratados con formocresol, con un tiempo medio de seguimiento de 38,2 meses; Naik y Hedge (172) realizaron el seguimiento de 25 molares temporales con tratamiento de pulpotomía con MTA durante 6 meses. En el estudio de Farsi y cols. (187) la muestra inicial estaba constituida por 120 molares temporales, 60 tratados con formocresol y 60 tratados con

MTA, pero los resultados valorados fueron los correspondientes a 74 molares que acudieron a las revisiones durante 24 meses; Caceido y cols. (188) estudiaron 11 molares temporales seguidos hasta 6 meses después del tratamiento, momento en que fueron extraídos para evaluación histológica; Aeinehchi y cols. (189) compararon los resultados obtenidos tras la realización de tratamientos de pulpotomía en 100 molares temporales, 43 con MTA y 57 con formocresol, por un periodo de seguimiento de 6 meses; Moretti y cols, además de publicar en un estudio en el que realizaron el seguimiento de un molar temporal tratado de pulpotomía con MTA durante 24 meses (190), publicaron también otro estudio clínico en que compararon la efectividad del MTA y del hidróxido de calcio con la efectividad del formocresol en 45 molares temporales, 15 en cada grupo de estudio, durante un periodo de 24 meses (191); en la investigación de Sonmez y cols. (193) fueron comparados los resultados obtenidos en las pulpotomías de molares temporales, 15 tratados con MTA, 13 tratados con formocresol, 15 tratados con sulfato férrico y 13 tratados con hidróxido de calcio; Noorollahian (192) comparó los resultados de pulpotomías realizadas en molares temporales, 30 tratados con MTA Blanco y 30 tratados con formocresol. En la revisión realizada 12 meses después del tratamiento fueron evaluados 53 molares del total de molares estudiados y 36 molares en la revisión realizada a los 24 meses.

En cuanto a los criterios de selección, se eligieron todos aquellos molares, tanto primeros como segundos; superiores e inferiores, en los cuales se había realizado en tratamiento de pulpotomía con MTA, Gris o Blanco, en pacientes que no presentaron patologías o tratamientos farmacológicos que pudieran interferir en el estudio, para evitar sesgos en los resultados.

En lo referente a la técnica de pulpotomía, se ha utilizado la técnica más frecuentemente descrita por la mayoría de los autores de pulpotomía al formocresol,

pero con la diferencia de que se había empleado MTA en lugar del formocresol. Así, las etapas de anestesia, aislamiento, tallado, eliminación total de la caries, apertura cameral y control de la hemorragia, se habían realizado del mismo modo y con el mismo instrumental que el descrito para la técnica convencional, para evitar incorporar otras variables en el estudio (15, 27, 29). De hecho, en la mayoría de los estudios clínicos en los que han empleado otros materiales o sistemas en lugar del formocresol, también se ha empleado esta técnica de un modo muy parecido (32, 66, 67).

Para la aplicación del MTA en la cavidad pulpar, se ha procedido del mismo modo que en los estudios de Eidelman y cols. (182), Agamy y cols. (185), Naik y cols. (172), Holan y cols. (186) y Farsi y cols. (187). El tratamiento de pulpotomía y la restauración con la corona metálica preformada se habían realizado en una sola sesión, como en la mayoría de las investigaciones sobre pulpotomía de molares temporales con MTA disponibles en la literatura (182, 185-187, 191). Otros investigadores siguieron protocolos distintos, en relación a la secuencia de tratamiento, realizando la restauración con la corona en una sesión diferente, por ejemplo, 24 horas después (172, 192, 193) o incluso 8 días después del tratamiento de pulpotomía (188).

Una diferencia fundamental entre la técnica de pulpotomía realizada en los molares constituyentes de la muestra de la presente investigación con respecto a otros estudios publicados es que el sellado de la cámara pulpar se había realizado con la aplicación de cemento de ionómero de vidrio sobre el MTA, seguido de una corona metálica preformada, evitando la utilización de óxido de cinc-eugenol, utilizado por otros autores como Eidelman (182) y Agamy (193), ya que este material puede ser irritante para la pulpa. Aunque el MTA presente un tiempo de fraguado de 3 a 4 horas, cuando se aplica una capa de ionómero de vidrio fotopolimerizable para rellenar la cámara pulpar, antes de la colocación de la corona metálica preformada, el fraguado del

MTA ocurrirá igualmente ya que el material se encuentra en contacto con la humedad de la pulpa radicular.

Para evitar sesgos en los resultados, se decidió estudiar únicamente el tratamiento en molares temporales y no en incisivos ni caninos. Esto se debe a que, en primer lugar, las características morfológicas y de función son diferentes entre estos grupos dentarios y, por tanto, podría introducir variables en los resultados. Además el método de restauración habría sido diferente, puesto que en los dientes del grupo anterior las restauraciones suelen realizarse mediante materiales estéticos como la resina compuesta, mientras que, en los molares se recomienda el uso de coronas metálicas preformadas. Ya que el éxito de los tratamientos de pulpotomía no depende únicamente del efecto del material utilizado, pero está directamente relacionado con la capacidad de ambos materiales, de relleno y de restauración definitiva, para lograr un buen sellado biológico frente a microfiltraciones inmediatas o a largo plazo en toda la interfase de la restauración, se decidió obturar todos los molares mediante corona metálica preformada, dado que es el método más adecuado para lograr un buen sellado y una larga durabilidad del molar tratado (27-29). De hecho, en la gran mayoría de las investigaciones clínicas en humanos acerca del tratamiento de pulpotomía con diferentes materiales, el análisis se llevó a cabo únicamente en molares y no en dientes del grupo anterior y la obturación final se realizó con corona metálica preformada (11-13, 23, 27, 32, 51, 54, 63, 83, 172, 182, 187, 192). Sin embargo, se pueden encontrar diversos estudios en los que la obturación fue realizada con otros materiales, como por ejemplo resina compuesta (186, 188), amalgama o ionómero de vidrio (189-191, 193).

5.2. Consideraciones acerca de los resultados del estudio

En cualquier estudio, el resultado de un tratamiento está determinado, en gran medida, por el criterio utilizado para determinar cuando un determinado procedimiento terapéutico ha sido un éxito o un fracaso (188). En este sentido, los criterios de éxito y fracaso de las pulpotomías elegidos para valorar los resultados de este estudio se basaron en los parámetros, considerados válidos y establecidos por la mayoría de los autores en estudios clínicos previos, valorando los resultados en base a criterios de éxito clínico y criterios de éxito radiológico (11, 12, 172, 182, 193).

5.2.1. Evaluación del éxito del tratamiento pulpar

Respuesta clínica

La mayoría de los autores consideran que un tratamiento de pulpotomía representa un éxito clínico si, en las revisiones, el paciente no refiere síntomas de dolor espontáneo o a la percusión, ni se observa la presencia de absceso o tumoración, ni movilidad no fisiológica (23, 32, 67).

En nuestra investigación, los molares tratados con MTA Gris presentaron un éxito clínico de 100%, puesto que en ninguno de los molares se detectaron, durante las revisiones sucesivas, signos clínicos considerados como fracaso del tratamiento. Este resultado coincide con los obtenidos por Maroto y cols. para un tiempo de seguimiento de 6 meses (12) y 36 meses (13). También con un tiempo de seguimiento de 6 meses, Naik y Hedge (172), Caceido y cols. (188) y Aeinehchi y cols. (189), obtuvieron un éxito clínico de 100% en la utilización de MTA Gris en pulpotomías de molares temporales. Para un tiempo de seguimiento de 12 meses también fue obtenido éxito

clínico de 100% por Agamy y cols. (185), así como para tiempos de seguimiento de 24 meses por Farsi y cols. (187) y Noorollahian (192).

Los molares tratados con MTA Blanco presentaron un éxito clínico de 93%, detectándose 2 casos de absceso y movilidad no fisiológica: un primer molar superior izquierdo (54) y un segundo molar superior izquierdo (55), que presentaron absceso en la revisión de los 12 y 36 meses, respectivamente. Este resultado fue algo inferior al encontrado por Maroto y cols. (11) probablemente porque, en ese estudio, los resultados del seguimiento se refieren a los 6 meses en que obtuvieron un éxito clínico de 100%, así como por Noorollahian (192) en un seguimiento de 24 meses en que el éxito clínico fue también de 100%. Sin embargo, nuestro resultado fue superior al obtenido por Agamy y cols. (185) que alcanzaron un éxito clínico de 80% en un tiempo de seguimiento de 12 meses. Con lo anteriormente expresado es fácil admitir que la utilización del MTA, en pulpotomías de molares temporales, presenta resultados clínicos muy favorables. Sin embargo, es necesario tener en cuenta, además de la exploración clínica, los resultados de la exploración radiográfica y, cuando es posible, de una evaluación histológica. Caceido y cols., en un examen histológico realizado a molares temporales a los que habían realizado un tratamiento de pulpotomía con MTA, observaron que, aunque clínica y radiográficamente no se presentaron signos patológicos o de fracaso del tratamiento, histológicamente observaron imágenes que indicaban que la pulpa no se encontraba totalmente sana, presentando algún grado de inflamación. Sin embargo, estos mismos molares permanecieron clínicamente viables hasta el momento de su extracción (188). En nuestro estudio no se planificó ni realizó comprobación histológica.

Un hallazgo clínico registrado por diversos autores en la evaluación de dientes tratados con MTA Gris es la presencia de tinciones dentales posteriormente al

tratamiento (172, 195). Con el MTA Blanco, aunque en la literatura científica no se hayan referido registros de casos de tinciones dentales, en nuestra práctica clínica hemos podido observar la aparición de dichas tinciones en incisivos, caninos y molares temporales en los cuales habíamos realizado pulpotomías con MTA Blanco. Nuestra evidencia de tinción en molares ha sido en 2 casos en que, por conveniencia clínica, no se colocaron coronas preformadas. Estos molares no han sido incluidos en la muestra del estudio. Como todos los molares constituyentes de la muestra del presente estudio fueron obturados con coronas metálicas, no hemos podido valorar las tinciones, sin embargo, consideramos que el hecho de que el MTA Blanco también produjera tinciones, como se ha descrito en el gris, en las pulpotomías de molares temporales no resultaría en un problema estético, ya que se recomienda su restauración con una corona metálica preformada (11-13, 172, 186).

Respuesta radiológica

El éxito radiológico se determina por la ausencia de imágenes radiolúcidas de reabsorción externa acelerada o interna, de reabsorción en el área de la furca y de alteración del espacio periodontal (23, 32, 66).

En cuanto a las imágenes radiológicas de reabsorción interna, algunos autores como Strange DM y cols. (51) consideran que puede considerarse como éxito radiológico aunque exista imagen de reabsorción interna radicular, dado que, según ellos, este fenómeno no indica forzosamente que el molar con pulpotomía fracase clínicamente y puede perdurar en el tiempo cumpliendo sus funciones en la cavidad oral. En el estudio en que estos autores analizaron pulpotomías de 196 molares temporales, establecen dos rangos de éxito: uno de 90% si se incluye en los criterios de

éxito la presencia de reabsorciones internas radiculares, y otro de 79% si este criterio es excluido. Otros autores como Moretti y cols. (191) y Eidelman y cols. (182) consideran que no se pueden incluir este tipo de reacciones patológicas en la definición de tratamiento con éxito. Sin embargo, admiten que no todos los hallazgos patológicos en los dientes temporales requieren intervención ya que la supervivencia del diente temporal puede no estar necesariamente afectada, ni tampoco el sucesor permanente (182).

En el análisis de las radiografías realizadas durante las revisiones efectuadas cada 6 meses se pudo observar que, en todos los molares de la muestra, el MTA permaneció como material de relleno de la cámara pulpar, durante todo el estudio, sin mostrar signos de reabsorción o desplazamiento a lo largo del tiempo. La falta de adaptación del material a la cavidad pulpar o su desplazamiento pueden condicionar el pronóstico del tratamiento, como han podido observar otros autores que han verificado histológicamente la existencia de necrosis pulpar en molares con pulpotomía en los que había ocurrido desplazamiento o mala adaptación del MTA (188).

En la presente investigación, todos los molares tratados con MTA Gris han mostrado una ausencia de imágenes radiológicas consideradas patológicas, resultando en un éxito radiográfico de 100%. Este resultado coincide con el resultado de la mayoría de las publicaciones revisadas sobre la aplicación de MTA Gris en pulpotomías de molares temporales, aunque con distintos tiempos de seguimiento (12, 13, 172, 182, 185). A diferencia de estos estudios, en el estudio de Holan y cols. el porcentaje de éxito radiográfico obtenido al cabo de 38,2 meses de promedio de seguimiento fue de 97% aunque puede estimarse que la diferencia no es muy notable para un tiempo de seguimiento tan largo (186).

El porcentaje de éxito radiográfico para pulpotomías realizadas con MTA Blanco obtenido en la presente investigación fue de 93%. Los restantes 7% presentaron reabsorciones internas. Aunque las reabsorciones internas se consideren como fracaso radiográfico, algunos de los molares que presentaron esta patología no fueron tratados inmediatamente, pero mantenidos para observación en las citas de seguimiento. Esta aproximación fue adoptada en base a que los dientes estaban asintomáticos y no demostraron signos de fracaso clínico, criterio también adoptado por otros autores en situaciones similares (191). En un estudio de otros autores en que comparaban la aplicación de MTA con la aplicación de hidróxido de calcio en pulpotomías de molares temporales, pudieron comprobar que las reabsorciones en dientes tratados con hidróxido de calcio, a diferencia de las reabsorciones internas observadas en dientes tratados con MTA, progresaban continuamente, permitiendo detectar alteraciones óseas así como signos y síntomas clínicos en las citas de seguimiento. En estos casos, los autores procedieron a la extracción de los dientes afectados (191).

El porcentaje de éxito radiográfico obtenido en la presente investigación fue superior al encontrado por Agamy y cols. en un seguimiento de 12 meses, en que registraron una tasa de éxito radiográfico de 80% (185) y similar al obtenido por Noorollahian (192) (94%) en un seguimiento de 24 meses, aunque, en este caso, el autor haya valorado únicamente segundos molares temporales, justificando esta opción con la diferencia entre las tasas de éxito de pulpotomías realizadas en primeros (61%) y segundos (83%) molares temporales obtenidas por Vij y cols. (22).

Sin embargo, el valor obtenido en el presente estudio fue inferior al registrado por Maroto y cols. (11) en una investigación anterior en la que obtuvieron un éxito radiográfico del 100%. No obstante, la diferencia encontrada entre estas dos

investigaciones puede deberse a los distintos tiempos de seguimiento, que en nuestro trabajo fue bastante superior al de Maroto (11).

Sonmez y cols., al comparar la tasa de éxito por ellos obtenida en tratamientos de pulpotomía con MTA con la tasa de éxito de otros autores también sugieren que una posible justificación para el menor valor por ellos obtenido pueda ser el mayor tiempo de seguimiento que presentó su estudio. Sin embargo, estos autores realizaron un estudio con un tiempo de seguimiento de 24 meses, al final de los cuales obtuvieron una tasa de éxito de 67%, porcentaje bastante inferior al de la presente investigación (93%) y en un menor tiempo de seguimiento, que en el caso de ellos fue de 24 meses (193).

Comparación de la respuesta pulpar en uno y otro grupo

Del análisis de los resultados de nuestra investigación fue posible observar que el nivel de éxito clínico y radiográfico obtenido con la utilización de MTA Gris o MTA Blanco es distinto: con la utilización de MTA Gris los niveles de éxito clínico y radiográfico son superiores. Esta diferencia fue también evidenciada en el estudio de Agamy y cols. (182) en el que realizaron la comparación entre 2 grupos de molares temporales tratados de pulpotomía con MTA Gris o MTA Blanco obteniendo un nivel de éxito más elevado en los molares tratados con MTA Gris. Estos autores sugieren que la diferencia de composición del MTA Gris y Blanco, en particular la presencia de aluminato férrico tetracálcico en el MTA Gris, puede contribuir en la diferencia entre los valores de éxito obtenidos en pulpotomías con uno u otro tipo de MTA (182). En el análisis histológico realizado por estos autores, el tejido pulpar de muchos de los molares que habían sido tratados con MTA Blanco presentó algunas áreas de necrosis pulpar y más células inflamatorias que los molares tratados con MTA Gris (182).

5.2.2. Evidencia de formación de dentina reparativa

El análisis de los resultados de la exploración radiográfica realizado en nuestro estudio ha demostrado signos de formación de dentina reparativa en los conductos radiculares de los molares estudiados. Esta manifestación se ha valorado por la formación de puentes dentinarios en el límite de la amputación pulpar, así como un fenómeno de estrechamiento progresivo de los conductos radiculares.

Se ha demostrado en diversos estudios que el MTA es un material con capacidad para estimular la formación de tejidos duros como hueso, cemento y dentina (102, 103). Se ha visto que cuando permanece en contacto con pulpa dental vital, estimula la formación de dentina. Esta capacidad del MTA se basa principalmente en tres características que permiten que la pulpa tenga condiciones favorables de reparación mediante la formación de dentina reparativa: su biocompatibilidad, su pH básico y su elevada capacidad de sellado (88, 101, 102). Esta inducción de neodentina pone de manifiesto que la vitalidad de la pulpa radicular se mantiene tras el tratamiento de pulpotomía con MTA, sin la cual no existiría tal estimulación celular y que, por tanto, se cumple con uno de los objetivos del tratamiento de pulpotomía que es mantener sana la pulpa de los conductos radiculares.

Cabe destacar que los procesos de formación dentinaria fueron detectados radiológicamente tanto en molares superiores como en inferiores. Sin embargo, para el análisis estadístico, se realizó el recuento de los referidos signos únicamente en los conductos radiculares inferiores, para evitar resultados erróneos debidos a la superposición de estructuras anatómicas en las imágenes radiológicas de la arcada superior. Hemos seguido los criterios de otros autores habían que habían sugerido realizar esta valoración únicamente en los molares inferiores. Por ejemplo Strange DM

(51), en un estudio retrospectivo de pulpotomías, en el que observó que las cifras obtenidas como resultados acerca de la detección de estenosis radicular eran superiores en los molares inferiores en comparación con los superiores consideró que esta diferencia pudo ser debida a que existe una mayor dificultad en la lectura de los resultados en las radiografías de la arcada superior, debido a la superposición de imágenes (51).

Puentes dentinarios

La formación de puentes dentinarios en la zona adyacente al MTA colocado en contacto con los muñones pulpares se encuentra descrita en diversos artículos científicos como un hallazgo indicador de éxito. En realidad, la formación de dentina reparativa es un signo o consecuencia de procesos de reparación en la pulpa dentaria. Sin embargo, hay autores que sugieren que, después de un intento inicial de la pulpa para eliminar la agresión, el proceso de protección o de reacción puede fracasar originando un fracaso clínico (32). De hecho, Caceido y cols. observaron histológicamente la presencia de puentes dentinarios en 2 molares tratados de pulpotomías con MTA cuyas pulpas estaban necróticas. Los autores explican que en estos molares los puentes dentinarios deberán de haberse formado previamente a la necrosis, indicando la existencia de vitalidad pulpar anteriormente, lo que justifica la hipótesis de que los puentes dentinarios se forman como respuesta a una irritación y/o inflamación pulpar o, en alternativa, debido a una estimulación por parte del material aplicado en contacto con la pulpa expuesta (188).

En la presente investigación ninguno de los molares en los que se haya observado la presencia de puentes dentinarios presentó signos de fracaso clínico o radiográfico. En este sentido, su presencia fue categorizada como éxito radiográfico.

Aproximadamente un tercio (31,7%) de los conductos de molares inferiores temporales tratados con MTA Gris evidenciaron la presencia de puentes dentinarios, transcurridos 6 meses desde el tratamiento. Este resultado fue muy superior al obtenido por Naik y Hedge (172) y Caceido y cols. (188) que, en estudios con un tiempo máximo de seguimiento de 6 meses, no detectaron radiológicamente la presencia de puentes dentinarios en ninguno de los molares tratados de pulpotomía con MTA Gris. Caceido y cols. (188), en virtud de este resultado, afirman que la presencia de puentes dentinarios no se puede determinar radiográficamente, ya que en su estudio únicamente pudieron observar su presencia en el análisis histológico. En la presente investigación, y en otras investigaciones, la presencia de puentes dentinarios fue observada en las radiografías realizadas 6 meses después del tratamiento, demostrando que si se puede utilizar esta prueba diagnóstica para la cuantificación de puentes dentinarios (11, 12, 182). Maroto y cols. observaron un porcentaje de puentes dentinarios presentes 6 meses después del tratamiento todavía más elevado que el observado en la presente investigación, detectando radiográficamente su presencia en 55% de los conductos tratados (12).

A los 12 meses aproximadamente la mitad de los conductos (51,4%) presentaban puentes dentinarios visibles. El único estudio que hemos encontrado en la literatura científica sobre pulpotomías con MTA Gris en molares temporales, con un tiempo de seguimiento de 12 meses, fue el de Agamy y cols. (185). Sin embargo, en este estudio los autores no hacen referencia concreta al porcentaje de puentes dentinarios presentes, refiriendo únicamente el porcentaje de obliteración de los conductos pulpares observados.

En las evaluaciones sucesivas realizadas en nuestro estudio, el patrón de visualización de puentes dentinarios se iba incrementando hasta que en los datos recopilados a los 30 meses los puentes se visualizaban en más de dos terceras partes de los conductos estudiados (70%). A los 36 meses, fue comprobada la presencia de puentes dentinarios en 75% de los conductos. Maroto y cols., para el mismo tiempo de seguimiento, registraron un mayor porcentaje de puentes dentinarios, observando la existencia de esta barrera de dentina en un 81% de los conductos (13).

Con un tiempo de seguimiento de 40 meses, Holan y cols. (186) detectaron un porcentaje de puentes dentinarios inferior al registrado en la presente investigación, registrando su presencia en tan solo 3% de los molares tratados, frente a los 79% que registramos en la valoración realizada 42 meses después de los tratamientos de pulpotomía.

El patrón de incremento en la presencia de puentes dentinarios se mantuvo a lo largo del tiempo hasta alcanzar la totalidad de los conductos en los datos recogidos a los 84 meses, momento en el cual fueron valorados 10 conductos tratados con MTA Gris, con un porcentaje de puentes dentinarios observados de 100%.

El patrón de formación de puentes dentinarios en los molares tratados con MTA Gris, en los primeros molares temporales fue similar al de la muestra total. Sin embargo, al comparar los datos correspondientes a los primeros molares derechos con los izquierdos se aprecian porcentajes diferentes entre uno y otro lado, con un número de puentes dentinarios presentes más elevado en el lado derecho, resultado para el que no poseemos explicación científica actualmente. Los segundos molares, cuando fueron valorados conjuntamente, también mantuvieron el mismo patrón de frecuencias que la

muestra total. En este caso, a diferencia de los primeros molares, no fue observado ningún predominio derecha-izquierda.

En la literatura científica disponible actualmente no hemos encontrado ningún artículo de investigación sobre la utilización del MTA Gris en pulpotomías de molares temporales con un tiempo de seguimiento tan amplio como el de nuestro estudio y que permitiera establecer la comparación con nuestros resultados. Se resalta la importancia de la presente investigación, ya que hasta la actualidad no existe registro de un estudio a tan largo plazo y con un tamaño de muestra comparable al que presentamos en esta investigación.

En los conductos tratados con MTA Blanco fue posible observar la presencia de puentes dentinarios en 18,35% de los conductos, 6 meses después del tratamiento de pulpotomía. Maroto y cols., para el mismo tiempo de seguimiento, observaron la presencia de puentes dentinarios en 11% de los conductos (12). Doce meses después del tratamiento se observaron puentes dentinarios en 43,75%. También en el caso del MTA Blanco, Agamy y cols. (185), en el único artículo con un tiempo de seguimiento de 12 meses, no hacen referencia al porcentaje de puentes dentinarios observados, no permitiendo la comparación con nuestro resultado.

A los 24 meses de seguimiento registramos la presencia de puentes dentinarios en 44,44% de los conductos y a los 30 meses la mitad de los conductos presentaban puentes. Aunque el seguimiento ha continuado hasta los 60 meses en el caso de un molar, los datos a resaltar deben referirse solo hasta los 48 meses en que se ha visualizado un 60% de puentes en los conductos estudiados ya que, posteriormente, la muestra evaluada fue muy pequeña.

También en el caso del MTA Blanco escasean los estudios de investigación a largo plazo y se da, además, la circunstancia de que algunos no hacen referencia a datos que permitan establecer una comparación de resultados con los obtenidos en la presente investigación, como es el caso de la investigación de Noorollahian (192) sobre la aplicación del MTA Blanco en pulpotomías de molares temporales en el que fueron realizadas evaluaciones clínicas y radiográficas cada 6 meses durante 24 meses pero, en este caso, el autor no ha valorado la presencia de puentes dentinarios.

Una vez más denota el valor de la presente investigación, ya que en la literatura disponible no hemos encontrado otra investigación sobre la aplicación del MTA Blanco en pulpotomías de molares temporales comparable en cuanto a la amplitud de los parámetros de tiempo de seguimiento y tamaño de la muestra.

En el análisis de los molares tratados con MTA Blanco, los primeros molares evidenciaron una evolución similar en los porcentajes, verificándose el mismo patrón de formación de puentes dentinarios en los molares del lado derecho e izquierdo, pero comparando los porcentajes obtenidos se verificó que estos fueron siempre más elevados para el primer molar del lado derecho (84) que para su homólogo del lado izquierdo (74), diferencias que no hemos podido explicar. Los segundos molares presentaron el mismo patrón de frecuencias que la muestra total y no fueron encontradas grandes diferencias entre los porcentajes del lado derecho e izquierdo.

La formación de puentes dentinarios está descrita también en tratamientos de pulpotomía en molares temporales realizados con otros materiales de relleno en la cavidad pulpar, como por ejemplo el hidróxido de calcio. Moretti y cols., en un estudio en que compararon la aplicación de hidróxido de calcio con la aplicación de MTA en

pulpotomías de dientes temporales observaron la formación de puentes dentinarios en ambos casos (191).

En la literatura disponible actualmente no hemos encontrado registros que permitan establecer comparaciones con nuestros resultados en lo que se refiere a diferencias/similitudes entre los porcentajes obtenidos para los molares derechos e izquierdos, una vez que la mayoría de los autores no hacen esta diferenciación.

Estenosis radicular

La obliteración de los conductos radiculares es un hallazgo radiográfico común en dientes con pulpotomías y se encontraba ya descrito, con una gran variedad de frecuencias, en dientes tratados con formocresol, formocresol diluido y sulfato férrico (23, 63, 82). La obliteración de los conductos radiculares ocurre como resultado de la actividad odontoblástica y sugiere que el diente afectado mantuvo algún grado de vitalidad (182). En este sentido, en el presente estudio, la existencia de estenosis radicular fue considerada un signo de éxito del tratamiento.

La respuesta de estenosis radicular se ha detectado en nuestro estudio en un elevado número de radiografías y se consideró su presencia en los casos en los que se observó la disminución del diámetro de los conductos radiculares en comparación con las radiografías realizadas antes del tratamiento.

Los resultados de nuestro estudio muestran que se hallaron, 6 meses después del tratamiento, signos de estenosis radicular en 14,6% de los conductos radiculares inferiores tratados con MTA Gris. Este resultado refuta la hipótesis sugerida por Naik y Hedge (172), que apuntan como probable justificación para la ausencia de signos de obliteración de los conductos pulpares, el tiempo de seguimiento de tan solo 6 meses.

Además, Maroto y cols. (12), trascurrido el mismo tiempo desde la realización de los tratamientos, detectaron la presencia de estenosis radicular en un porcentaje de conductos todavía más elevado que en la presente investigación, observando el proceso en el 60% de los conductos, pasados 6 meses.

A los 12 meses, fueron observados signos de estenosis radicular en poco más de la mitad (57,14%) de los conductos radiculares, resultado similar al descrito por Agamy y cols. (185), que 12 meses después de la realización de los tratamientos de pulpotomía con MTA Gris observaron la presencia de estenosis radicular en 58% de los conductos valorados.

Transcurridos 24 meses del tratamiento la estenosis pulpar se detectó en 86,4% de los conductos tratados. Este valor fue bastante superior al encontrado por Farsi y cols. (187) que, para el mismo tiempo de seguimiento, registraron la presencia de estenosis radicular en 7,9% de los conductos.

Treinta y seis meses después del tratamiento se presentó estenosis radicular en 94% de los conductos. Para este mismo tiempo de seguimiento Maroto y cols. (13) registraron un valor inferior de presencia de estenosis radicular (83%).

El tiempo de seguimiento máximo de molares con pulpotomía con MTA Gris que hemos logrado alcanzar fue de 84 meses, en 5 molares inferiores, en que todos los 10 conductos (100%) presentaron estenosis radicular.

Comparando los porcentajes de estenosis radicular obtenidos en los primeros molares, derechos e izquierdos, observamos que en todos ellos ocurrió un patrón de incremento similar al de la muestra total y que, para un mismo momento cronológico,

los porcentajes de estenosis encontrados han sido más elevados para los primeros molares del lado derecho sin encontrar justificación a este hecho.

Los segundos molares exhibieron, en general, un patrón de incremento de estenosis radicular superior al de los primeros molares, observándose su presencia en un porcentaje superior de conductos (66,7%) que en el caso de los primeros molares (50%), 6 meses después del tratamiento. Posteriormente las evidencias de estenosis han sido cada vez más frecuentes hasta alcanzar el 100%. Vij y cols. obtuvieron tasas de éxito distintas en primeros (61%) y segundos (83%) molares temporales tratados de pulpotomía (22). La existencia de estas diferencias de comportamiento y reacción entre primeros y segundos molares temporales registradas por estos investigadores así como por nosotros, deben alertarnos para el hecho de que los resultados obtenidos en uno de los grupos de molares, primeros o segundos, no se pueden extrapolar de una forma lineal al otro grupo de molares, ya que se están obteniendo distintos resultados y diferentes tasa de éxito para los mismos procedimientos.

En los conductos tratados con MTA Blanco fue posible observar la presencia de estenosis radicular en 24,68% de los conductos en la revisión realizada 6 meses después. Una vez más, este valor fue inferior al obtenido por Maroto y cols. que observaron la presencia de estenosis radicular en 69% de los conductos, 6 meses después del tratamiento con MTA Blanco (11).

Transcurridos 12 meses de la intervención se detectó estenosis pulpar en 54,17% de los conductos tratados con MTA Blanco. Agamy y cols. (185) registraron un valor mucho menor de estenosis radicular, para el mismo tiempo de seguimiento, observable en tan solo 5% de los conductos valorados.

Al final de 24 meses, en la presente investigación, fue observada la presencia de estenosis radicular en 75,55% de los conductos tratados con MTA Blanco. Este resultado supera los resultados registrados por Sonmez y cols. (193) (26,7%) y Noorollahian (192) (3,4%).

Los 2 conductos que hemos valorado durante 60 meses, el tiempo máximo de seguimiento que hemos logrado alcanzar en pulpotomías con MTA Blanco, presentaron estenosis radicular. Debemos resaltar que el análisis de 2 conductos únicamente no tiene valor científico.

Comparando los porcentajes de estenosis radicular observados, aunque los primeros molares hayan exhibido un patrón de incremento distinto de los segundos molares, no existían diferencias estadísticamente significativas, así como en la comparación entre molares derechos e izquierdos.

Dado que en la presente investigación los molares constituyentes de la muestra fueron seguidos por diferentes períodos de tiempo, y para que fuera posible realizar la comparación estadística entre los porcentajes obtenidos en los molares de cada uno de los dos grupos de estudio (MTA Gris y MTA Blanco), fue necesario estudiar separadamente el grupo de molares con un tiempo de seguimiento de 30 meses, con MTA Gris o MTA Blanco. Este análisis permitió estudiar no solo las diferencias entre los porcentajes sino también el perfil de comportamiento a lo largo del tiempo.

Los resultados de este análisis demostraron que el tiempo influye significativamente en la formación de dentina reparativa, viéndose así que existe una mayor probabilidad de detectar puentes dentinarios y estenosis radicular cuanto más largo sea el tiempo de evolución, tras la realización de pulpotomía con MTA Gris o Blanco y que la formación de esta dentina reparativa ocurre en mayor porcentaje en los

12 meses que se siguen a la realización del tratamiento. Estos resultados coinciden con otros estudios, como el de Maroto y cols. (31) que también encontraron diferencias significativas en los cambios producidos entre los primeros meses de seguimiento.

Basándonos en los resultados de ambos estudios se podría afirmar que la formación dentinaria, sean puentes dentinarios o estenosis de los conductos radiculares, es una formación progresiva de dentina reparativa que comienza tempranamente.

En el análisis de la formación de puentes dentinarios y estenosis radicular fue posible realizar dos tipos de valoraciones: una comparación entre el comportamiento a lo largo del tiempo de los distintos molares y de los dos tipos de MTA, y una comparación entre los porcentajes de puentes dentinarios y estenosis radiculares observados también según el tipo de molar y el tipo de MTA.

Así, para la aparición de puentes dentinarios no fueron encontradas diferencias estadísticamente significativas en el comportamiento a lo largo del tiempo entre los distintos molares (74, 75, 84 y 85) ($p=0,599$), ni entre los dos tipos de MTA ($p=0,886$).

Sin embargo, aunque su comportamiento a lo largo del tiempo fue similar, los molares tratados con MTA Gris exhibieron un porcentaje de puentes dentinarios significativamente más elevado que los molares tratados con MTA Blanco.

Otros autores, además de cuantificar los puentes dentinarios que se habían formado en molares temporales tratados con MTA Gris y Blanco, procedieron también a su análisis histológico detectando, bajo microscopia, que los molares tratados con MTA Blanco exhibieron puentes dentinarios tal como los molares tratados con MTA Gris, pero además, los primeros exhibieron la presencia de una mayor cantidad de células inflamatorias y algunas áreas de necrosis. Estos autores concluyeron que la

respuesta pulpar fue, en general, menos favorable en el grupo del MTA Blanco cuando es comparado con el MTA Gris y que posiblemente la ausencia de aluminato férrico tetracálcico en el MTA Blanco contribuya para las diferencias encontradas entre los dos grupos (185).

No fueron encontradas diferencias significativas entre los porcentajes de puentes dentinarios observados entre los molares pertenecientes a cada uno de estos grupos (MTA Gris y MTA Blanco), coincidiendo este resultado con el de otros autores que tampoco encontraron diferencias entre los distintos molares en relación a la formación de dentina reparativa (11).

Para la aparición de estenosis radicular, comparando el comportamiento a lo largo del tiempo de los molares tratados con MTA Gris, se obtuvieron diferencias significativas entre los molares inferiores izquierdos (74 y 75) y los molares inferiores derechos (84 y 85) ($p=0,002$). En los molares tratados con MTA Blanco, aunque no se hayan verificado diferencias estadísticamente significativas, fue posible observar un comportamiento a lo largo del tiempo distinto entre los primeros y los segundos molares.

En la comparación del perfil de comportamiento del MTA Gris con el del MTA Blanco, en relación a la respuesta manifestada como estenosis radicular, se encontraron diferencias estadísticamente significativas en los primeros molares inferiores derechos (84) ($p=0,005$) y también en los segundos molares inferiores derechos (85) ($p=0,024$).

Comparando los porcentajes de estenosis radicular observados en función del tipo de MTA utilizado, Gris y Blanco, independientemente del molar tratado (74, 75, 84 y 85) observamos que, a lo largo del estudio, los conductos tratados con MTA Gris exhibieron un mayor porcentaje de estenosis radicular que los conductos tratados con

MTA Blanco pero sin que existieran diferencias estadísticamente significativas. Parece ser que el MTA Gris presenta una mayor capacidad de inducción de formación de dentina reparativa, ya que este hallazgo no es exclusivo de la presente investigación, encontrándose también descrito por otros autores (11, 185) que, incluso, han registrado diferencias estadísticamente significativas en los porcentajes de estenosis radicular observados en molares tratados con estos dos tipos de MTA (11).

Comparando los porcentajes de estenosis radicular observados según el tipo de molar, independientemente del tipo de MTA utilizado, no fueron encontradas diferencias estadísticamente significativas ($p=0,142$). Al proceder al mismo análisis pero por separado en los molares tratados con MTA Gris o con MTA Blanco se pudo observar que, en el primero grupo no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p=0,835$), pero en el grupo de los molares tratados con MTA Blanco fueron encontradas diferencias estadísticamente significativas ($p=0,017$) entre el porcentaje de estenosis radicular en los primeros molares inferiores derechos (50%) y los segundos molares inferiores derechos (94%). Este resultado es distinto del encontrado por otros autores que no registraron diferencias entre la respuesta de los distintos molares (11).

En el análisis de los valores obtenidos en la presente investigación para la formación de dentina reparativa en los molares temporales tratados con MTA Gris y MTA Blanco, fue posible comprobar que el fenómeno de formación de estenosis radicular ocurrió en un mayor porcentaje que el fenómeno de formación de puentes dentinarios y en ambos tipos de MTA. Esta diferencia se puede también encontrar en los resultados de varias investigaciones de otros autores (11-13, 182, 186, 187).

Además, hay autores que sugieren que el MTA Blanco induce la formación de dentina en los conductos radiculares tal como lo hace el MTA Gris, pero su contacto directo con el tejido pulpar en la zona de amputación pulpar no estimula la formación de puentes dentinarios con la misma intensidad que el MTA Gris (11).

Del análisis de los valores resultantes de la presente investigación anteriormente expresados, así como de investigaciones anteriores, tanto para la aparición de puentes dentinarios como estenosis radicular, se resalta que hay una gran variabilidad de resultados entre las distintas investigaciones. Esta variabilidad puede resultar de una falta de uniformización de variables y criterios que, inevitablemente, llevan a la obtención de resultados distintos. Por un lado, muchas de las investigaciones disponibles se basaron en el análisis de muestras relativamente pequeñas y con un tiempo de seguimiento corto; por otro, algunos autores no expresan en sus artículos los criterios y métodos utilizados para la cuantificación de los fenómenos de formación de dentina reparativa, lo que puede resultar en una falta de uniformización de criterios de cuantificación entre diversos grupos de investigadores.

5.3. Morfología de los premolares

Como los molares temporales se encuentran en estrecha relación con los gérmenes de los premolares que les sucederán durante el recambio dentario, resulta importante valorar las repercusiones que los tratamientos realizados en los primeros puedan tener en sus sucesores permanentes, tanto a nivel de la formación, como de cronología de erupción y posición. En este sentido es fácil aceptar que sería interesante realizar una comparación entre la cronología de exfoliación de los molares a los que se había realizado el tratamiento de pulpotomía con MTA y sus homólogos contralaterales.

Sin embargo, del análisis preliminar del universo del estudio de la presente investigación, concluimos que, con los datos disponibles, no resultaría viable la realización de tal comparación. La pérdida de una parte importante de la muestra, sea por no acudir a las revisiones o por otras causas, o la falta de fiabilidad de los datos aportados por niños y padres, hizo inviable esta parte del estudio.

Además, también consideramos que hubiera sido interesante realizar el análisis de la cronología de erupción de los premolares que sustituyeron a los molares tratados con MTA pero, a este respecto, el único dato que teníamos disponible era la fecha de exfoliación fisiológica de 56 de los 210 molares incluidos en la muestra del estudio. El tiempo mínimo transcurrido entre el tratamiento y la exfoliación fisiológica fue de 12 meses, y el tiempo máximo observado fue de 84 meses. Consideramos estos hallazgos como indicadores de éxito del tratamiento realizado, ya que fue posible mantener en boca molares temporales que anteriormente presentaban patología, por un periodo de tiempo muy amplio que, en algunos casos, alcanzó los 84 meses. El mantenimiento en boca y en estado sano, de dientes temporales con previa patología pulpar involucrada hasta el momento de su exfoliación fisiológica, es el desafío de los tratamientos de pulpotomía (192).

Aunque la comparación de la cronología sugerida anteriormente no pudo realizarse, fue posible analizar la morfología de múltiples premolares erupcionados en sustitución a molares temporales incorporados en la muestra de estudio de la presente investigación, aunque la distribución por molar y la dispersión en el tiempo no permitieran hacer ningún análisis estadístico. En ninguno de los premolares examinados fueron observados signos de alteración de color, estructura o posición. En este sentido, podemos considerar que los tratamientos de pulpotomía realizados en la presente investigación fueron exitosos, desde el punto de vista de los premolares sucesores, tal

como expresan Eidelman y cols. (182), ya que todos ellos erupcionaron en su debida localización y no presentaron defectos en el esmalte.

Aunque somos conscientes de que estos datos tienen escaso valor científico comprobado, creemos que aún así presentan un interés relevante, ya que refuerzan las evidencias hacia la inocuidad del MTA en su utilización en pulpotomías de molares temporales. Consideramos además interesante la continuación de la investigación, en estudios posteriores, que recojan más datos que confirmen estos hallazgos clínicos y que permitan establecer un análisis estadístico de los mismos.

En nuestra investigación, la tasa de éxito obtenida en los molares valorados fue muy elevada, considerando el largo tiempo de seguimiento. Además, este material presentó muy buenas tasas de éxito en todas las investigaciones realizadas hasta la actualidad.

Varios autores obtuvieron tasas de éxito similares con la utilización de MTA o formocresol, el material considerado como “estándar de oro” en los tratamientos de pulpotomía de molares temporales (192, 193). Otros autores, en estudios estadísticos basados en la evidencia comparativa del MTA con otros materiales, concluyeron que el agregado trióxido mineral, en comparación con el formocresol, el sulfato férrico o el hidróxido de calcio, presentó incluso éxitos clínicos y radiográficos significativamente más elevados en todos los periodos de tiempo hasta la exfoliación fisiológica, considerando de este modo, que el MTA es un medicamento que presenta una calidad superior a los otros materiales (173).

Sin embargo, algunos autores tras realizar estudios comparativos entre diversos materiales aplicados en pulpotomías de molares temporales concluyeron que, aunque el MTA representa una muy buena alternativa al formocresol en este tratamiento, su

elevado coste hace inviable su utilización de forma rutinaria, dando preferencia a otros materiales, que presenten una relación coste/beneficio superior al MTA (192, 193).

En la presente investigación fue posible comprobar, en una muestra representativa y con un seguimiento a largo plazo, que el MTA constituye una muy buena alternativa al formocresol en pulpotomías de molares temporales, ya que es un material biocompatible, no tóxico y que presentó tasas de éxito clínico y radiográfico similares a las descritas para la utilización de formocresol. Además, parece evidenciarse que el MTA es inocuo para los premolares sucesores de los molares a los que se realiza la pulpotomía no produciendo alteraciones de forma, estructura o posición. De los dos tipos de MTA evaluados, el MTA Gris fue el que presentó mejores resultados, exhibiendo un menor número de fracasos y un mayor porcentaje de éxitos, reflejados en la formación de puentes dentinarios y estenosis de los conductos radiculares.

6. Conclusiones

6. Conclusiones

1. En el presente estudio no se han observado signos de patología clínica en el tratamiento de pulpotomías de molares temporales con MTA Gris. En los molares tratados con MTA Blanco se observaron signos de patología clínica en únicamente 2 casos del total de la muestra estudiada.
2. En base a la valoración de las imágenes radiológicas, se han detectado imágenes de respuesta pulpar desfavorable en 1 molar tratado con MTA Gris y en 5 molares tratados con MTA Blanco, en el total de la muestra.
3. No fueron encontradas diferencias significativas entre los indicadores de éxito clínico y radiológico de los molares tratados con MTA Gris y los molares tratados con MTA Blanco.
4. En cada uno de los grupos de molares estudiados se ha observado la formación de dentina reparativa, manifestada radiográficamente como puentes dentinarios, en un elevado porcentaje de casos. No obstante, los molares tratados con MTA Gris presentaron un porcentaje significativamente más elevado.
5. La formación de dentina reparativa en los conductos radiculares, con manifestaciones radiológicas de estenosis de los conductos, se observó en ambos grupos de molares en un elevado porcentaje de casos, sin que existieran diferencias significativas entre los dos grupos.

6. Los premolares sucesores de los molares incorporados en la muestra de la presente investigación, que se han podido observar, no presentaron signos de alteración de color, estructura o posición.

7. De todo lo anterior podemos concluir, en base a los resultados clínicos y radiológicos de la presente investigación, que el Agregado Trióxido Mineral presenta un nivel de éxito clínico y radiográfico elevado, pudiendo indicarse como sustituto al formocresol en el tratamiento de pulpotomía de molares temporales y con resultados superiores para el MTA Gris.

7. Texto en Portugués

Índice

1. Introdução.....	163
1.1. O tratamento de pulpotomia em molares temporários.....	169
1.1.1. Indicações y contra-indicações da pulpotomia.....	170
1.1.2. Critérios de êxito ou fracasso do tratamento.....	172
2.2. Pulpotomia com formocresol.....	173
2.3. Outras alternativas à utilização de formocresol.....	176
2.3.1. Pulpotomia com Óxido de zinco-eugenol.....	177
2.3.2. Pulpotomia com Glutaraldeído.....	178
2.3.3. Pulpotomia com Hidróxido de cálcio.....	180
2.3.4. Pulpotomia com Sulfato férrico.....	181
2.3.5. Pulpotomia com Pastas iodofórmicas.....	182
2.3.6. Pulpotomia com Osso liofilizado ou Osso desidratado.....	184
2.3.7. Pulpotomia com Colagénio.....	185
2.3.8. Pulpotomia com Proteínas osteogénicas.....	185
2.3.9. Pulpotomia com Laser.....	186
2.3.10. Pulpotomia com Electrocoagulação.....	188
2.3.11. Resumo do estado actual das alternativas ao formocresol.....	189
2.4. Novas alternativas. O Agregado Trióxido Mineral.....	190
2.4.1. Composição e manipulação.....	191
2.4.2. Propriedades do MTA.....	194
2.4.3. Diferenças entre o MTA Cinzento e o MTA Branco.....	207
2.4.4. Compostos semelhantes ao MTA ProRoot®.....	211
2.4.5. Aplicações do MTA.....	213
2.4.6. Aplicação do MTA em pulpotomias em animais de experimentação...	214
2.4.7. Estudos clínicos do MTA em pulpotomias de molares temporários.....	218
2.4.8. Desvantagens do Agregado Trióxido Mineral.....	232

2. Hipótese e objetivos de trabalho	234
3. Material y Método.....	237
3.1. Amostra.....	238
3.2. Método.....	244
4. Resultados.....	248
4.1. Avaliação do êxito do tratamento pulpar.....	249
4.1.1. Resposta clínica.....	249
4.1.2. Resposta radiológica.....	250
4.2. Evidência de formação de dentina reparadora.....	251
4.2.1. Pontes dentinarias. MTA Cinzento.....	257
4.2.2. Pontes dentinarias. MTA Branco.....	261
4.2.3. Estenose radicular. MTA Cinzento.....	265
4.2.4. Estenose radicular. MTA Branco.....	269
4.3. Comparação do MTA Cinzento y MTA Branco.....	273
4.3.1. Pontes dentinarias.....	273
4.3.2. Estenose radicular.....	276
4.4. Morfologia dos pré-molares.....	278
5. Discussão.....	283
5.1. Considerações acerca do material e método de estudo.....	285
5.2. Considerações acerca dos resultados do estudo.....	289
5.2.1. Avaliação do êxito do tratamento pulpar.....	289
5.2.2. Evidência de formação de dentina reparadora.....	295
5.3. Morfologia dos pré-molares.....	308
6. Conclusões.....	312
7. Referencias Bibliográficas.....	315
8. Anexos.....	339

1. Introdução

1. Introdução

Grande parte dos esforços realizados, nas últimas décadas, pelos responsáveis da saúde bucal de muitos países e pelos profissionais da odontologia têm estado dirigidos a erradicar a cárie dentária. Apesar de se terem conseguido grandes avanços neste caminho ainda falta muito por fazer. A erradicação ainda é uma utopia e esta patologia continua a ser muito frequente.

Além do mais, foi observada uma modificação no perfil de apresentação da doença. Estudos epidemiológicos publicados em países considerados desenvolvidos estabelecem que actualmente as lesões de cárie se agrupam numa percentagem menor de crianças; de modo que há mais crianças livres de cárie mas outro grupo tem mais lesões e mais complexas. Assim mesmo é sabido que a cárie dentária em crianças de 2 a 5 anos está incrementando (1).

Na consulta de Odontopediatria, ao proceder ao exame clínico e radiográfico, pode-se frequentemente visualizar a presença de patologia de cárie dentária. Nas crianças, grande parte dos tratamentos que se realizam actualmente são devidos a esta patologia que, na maioria dos casos, afecta a polpa e o periápice dos dentes (2). (Figura 1)

A patologia de cárie, seja na dentição temporária ou permanente, é uma patologia de carácter infeccioso, transmissível e produzida por bactérias. Nas crianças a progressão da patologia costuma ser rápida e as infecções produzidas por microrganismos e bactérias gram negativas são uma das causas mais importantes que pode afectar a polpa dentária (3). Já na década de 60, Kakehashi e cols. confirmaram a importância destes microrganismos como causa de ditas patologias. Estas infecções

podem chegar à polpa através da coroa ou da raiz do dente (4), sendo a cárie, as fissuras ou fracturas e os defeitos do desenvolvimento dentário as causas mais frequentes de infecção através da coroa (2). Estes e outros autores demonstraram que a cárie na dentição temporária progride rapidamente e tem uma especial relevância já que pode originar severas complicações locais e à distancia. As complicações locais originadas por lesões de cárie não controladas, como são a afectação da polpa e do periápice, levam à necessidade de realizar uma terapia encaminhada a controlar a infecção e conservar o dente quando é possível e, lamentavelmente, em muitos casos obrigam a extrair o dente temporário para prevenir lesões do dente permanente em desenvolvimento.

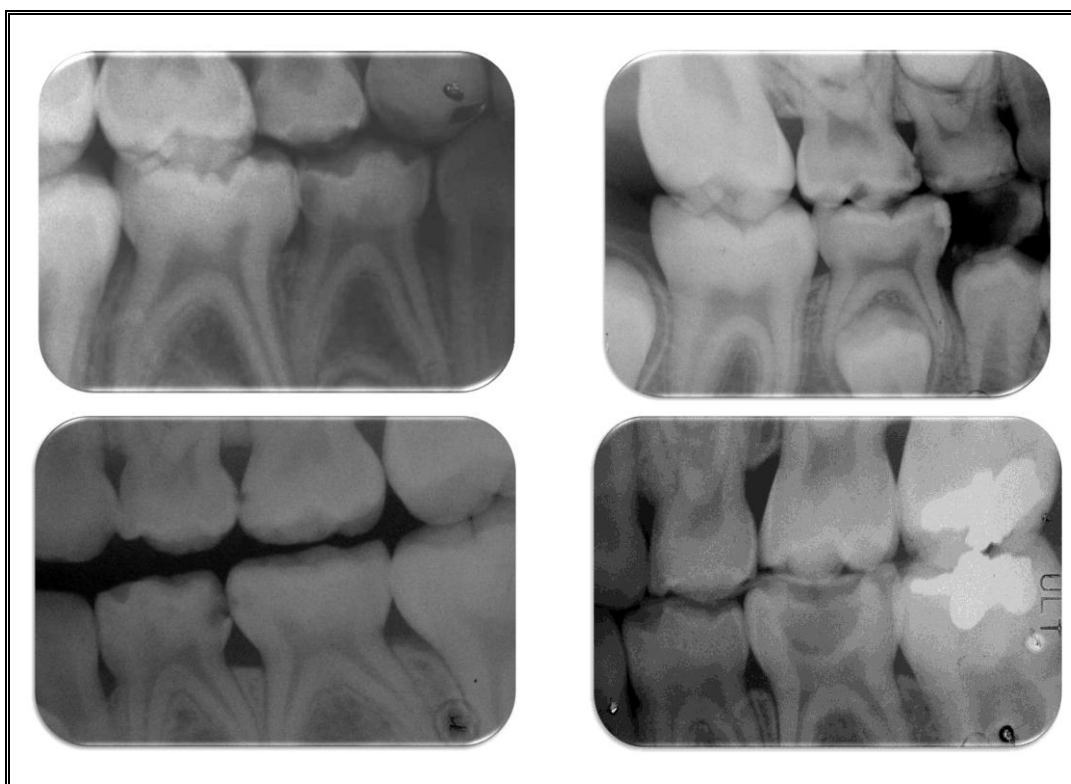


Figura 1. Radiografias intra-orais nas que se podem observar molares temporários afectados por lesões de cárie.

A dentição temporária apresenta algumas características específicas e diferentes da dentição permanente e é de extrema importância para que o ser humano possa ter um crescimento craniofacial e corporal adequado, um correcto desenvolvimento das funções de mastigação, deglutição, fonação e desenvolvimento da linguagem, ter um correcto desenvolvimento da auto-estima e realizar adequadamente o processo de socialização próprio da etapa infantil. Além do mais, os dentes temporários intervêm como guia para a erupção e o desenvolvimento da oclusão dos dentes permanentes (5).

Nas situações em que a patologia de cárie já se manifeste em lesões cavitárias poderá ocorrer uma alteração do correcto desenvolvimento das funções anteriormente mencionadas, apresentando-se as manifestações próprias da patologia infecciosa local, como toda a patologia de carácter infeccioso, afectando o gérmen do dente permanente em formação e podendo, também, disseminar-se a outras localizações.

Dada a importância da saúde dos dentes temporários e a necessidade de que estes apresentem uma polpa sã, os cientistas continuam a realizar investigações que permitam conhecer as suas características assim como os seus mecanismos de reacção frente a situações de agressão (6, 7).

No passado acreditava-se que em resposta à cárie, os dentes temporários apresentavam uma reacção inflamatória mais pronunciada e generalizada que os dentes permanentes em igual situação (8). Este conhecimento foi refutado por investigações imunohistoquímicas recentes que demonstraram igualdade entre as duas dentições em quanto ao nível de vasodilatação e angiogénese em resposta a uma agressão por cárie, com uma resposta predominante na região dos cornos pulpaes. Apesar de os dentes temporários apresentarem mais células imunes em ambas as situações de dente intacto

ou com cárie, parece que estas se localizam de forma similar que nos dentes permanentes (9).

Tal como escreve Waterhouse (6), a polpa dos dentes temporários possui um bom potencial para a reparação e cura tecidual. Esta autora sugere que, à luz destas descobertas contemporâneas, os clínicos deveríamos reavaliar a nossa aproximação à terapia pulpar na dentição temporária e que as investigações deveriam direccionar-se no sentido da procura de evidência científica para terapias pulpares com materiais que favoreçam a regeneração pulpar.

Os estudos mencionados são alguns exemplos do interesse científico e do extenso trabalho realizado pelos investigadores e médicos dentistas preocupados com a saúde bucal infantil. Mas não são novos; em 1934 M. Evangeline Jordon (10), após 25 anos de exercer medicina dentária em crianças, escrevia: “se se quer que a criança tenha boa saúde e se desenvolva de forma normal, tanto física como intelectualmente, é necessário que o seu alimento não passe por uma porta de entrada infectada por gérmes envenenados”. Mais adiante, no capítulo dedicado à terapia pulpar dos dentes temporários, expressa “a desvitalização da polpa dos dentes caducos é uma parte importante das operações que se praticam nas crianças, e, se o operador quer realizar um trabalho de conservação, não deve parar-se nas dificuldades”. Ela propõe, já então, a utilização do formocresol para este fim fazendo referencia ao publicado por outros autores, já naquela época.

Pode surpreender que desde então se investigou muito mas não tem havido uma aceitação universal dos materiais que se devem utilizar como alternativa ao formocresol, encontrando-se na literatura um grande número de trabalhos que expõe as vantagens, desvantagens e riscos de cada um deles. No entanto, os autores continuam a ter a mesma

preocupação, já que o material mais utilizado para os tratamentos pulpares em dentição temporária continua a ser o formocresol, que não foi substituído definitivamente por nenhum outro apesar dos riscos derivados da sua utilização serem amplamente conhecidos.

Considero que o facto de pertencer durante anos à equipa investigadora do “Programa de Atenção Odontológica a Pacientes en Edad Infantil” da Faculdade de Odontologia da Universidade Complutense de Madrid, onde se utiliza há anos o Agregado Trióxido Mineral nas pulpotomias de molares temporários, MTA Cinzento e MTA Branco, me dá a oportunidade de poder avaliar a resposta biológica a longo prazo (em ocasiões até à esfoliação do molar temporário e à erupção do correspondente pré-molar), e comparar as respostas nas diferentes gerações comercializadas de este material.

Por tanto, este trabalho continua uma linha de investigação na qual se realizou e publicou a avaliação, a médio prazo, do MTA Cinzento e MTA Branco separadamente (11, 12, 13). No nosso caso, além de avaliar os resultados numa amostra mais ampla, comparamos a resposta com um e outro material, com a finalidade de fornecer novos dados que possam conduzir à selecção de um material biologicamente seguro para o tratamento de pulpotomia em dentição temporária.

Com esta finalidade, revimos, em primeiro lugar, os trabalhos mais relevantes na literatura, referidos às técnicas e materiais, MTA ou outros, mais utilizados nos tratamentos de pulpotomia realizados em dentição temporária para compará-los, posteriormente, com os nossos resultados, a longo prazo.

1.1. O tratamento de pulpotomia nos molares temporários

A Academia Americana de Odontopediatria (AAPD), define a pulpotomia “como um procedimento que implica a amputação da porção coronária da polpa dentária afectada ou infectada” (14).

Barbería e cols. estabelecem que a pulpotomia em molares temporários é um tratamento pulpar consistente na extirpação da polpa camarária e a fixação da polpa radicular mediante medicamentos, quando a inflamação pulpar está limitada à polpa da câmara (15).

O conceito de realizar a técnica de pulpotomia em molares temporários, com a finalidade de evitar a sua perda prematura, é muito antigo. Os tratamentos odontológicos em crianças considerados mais avançados no século XIX já incluíam este conceito. A maioria dos fármacos utilizados então, resina carbólica; discos desvitalizantes de arsénio e novocaína; formocresol; pasta de alúmen e outros, foram descartados com o uso (10).

Também a técnica de preparação do molar sofreu diversas alterações já que esteve influenciada por diversas mudanças na medicina dentária como o desenvolvimento dos anestésicos e as modificações no instrumental rotatório.

Apesar de que se aceitava a utilidade da pulpotomia, a realização desta técnica ficava limitada a uns poucos médicos dentistas considerados avançados nas técnicas de tratamento odontológico da infância (10).

Os autores referem que a utilização rotineira remonta a princípios do século XX, quando Buckley aplicou uma mistura de tricresol e formaldeído num algodão, na câmara pulpar, selando-a posteriormente. Ao abrir a câmara pulpar uns dias depois

observou que, segundo a sua descrição, “os gases e líquidos tóxicos tinham sido convertidos em líquidos e sólidos não tóxicos”. Foi o início da fórmula de Buckley que todavia se preconiza hoje em dia (16, 17).

Nos anos trinta, Sweet (18) propôs a aplicação de uma mistura de óxido de zinco, eugenol e formocresol para o tratamento pulpar de molares temporários. A partir desse momento numerosos autores utilizaram o medicamento e, na prática, desenvolveu-se e universalizou-se a técnica operatória para a pulpotomia (16, 17, 19, 20).

Devido à acção germicida e anti-séptica dos compostos utilizados, e à pouca dificuldade da técnica, o procedimento foi um êxito, perdurando até a actualidade. Está amplamente documentado em numerosos estudos, que reapresenta o tratamento pulpar mais frequentemente realizado em dentição temporária (16, 17, 21, 22, 23,24).

1.1.1. Indicações e contra-indicações da pulpotomia

Indicações

Aceita-se que a pulpotomia está indicada nos casos em que o tecido coronário está irreversivelmente infectado e, se se amputa, o tecido radicular remanescente permanece vital, de acordo com critérios radiológicos e clínicos (14). O tratamento da superfície do tecido radicular remanescente deve preservar a vitalidade e função, de toda ou parte desse tecido pulpar radicular (25).

Contra-indicações

Se a inflamação se propagou até ao interior dos tecidos dos canais radiculares, a pulpotomia não está indicada e deve-se avaliar um tratamento de pulpectomia ou de extracção do dente afectado (15, 17, 26, 27, 28, 29).

O tratamento de pulpotomia em dentes temporários está contra-indicado em qualquer destas circunstâncias (15, 17, 26, 27, 27, 28, 29):

- presença de inflamação nos tecidos moles adjacentes (de origem pulpar),
- presença de abscesso o fístula,
- presença de mobilidade patológica,
- sinais de degeneração da polpa radicular,
- imagens radiológicas de lesão na furca ou no periápice,
- reabsorção radicular patológica, interna ou externa,
- imagem de alargamento patológico do ligamento periodontal,
- presença de menos da metade da longitude radicular,
- calcificações pulpare ou ausência de sangramento da polpa ou excessivo sangramento após a amputação pulpar sem possibilidade de que a hemorragia seja controlada mediante pressão,
- polpa com drenagem seroso purulento,
- historia de dor espontânea ou nocturna,

- sensibilidade à percussão ou palpação,
- destruição coronária que não permita um correcto selamento da restauração.

1.1.2. Critérios de êxito ou fracasso do tratamento

Considera-se como evidência do êxito do tratamento com pulpotomia a presença, a longo prazo, de vitalidade da maior parte da polpa radicular; ausência de sintomas ou sinais clínicos patológicos como dor, tumefacção ou sensibilidade; ausência de sinais radiológicos de reabsorção patológica interna e/ou externa; ausência de patologia nos tecidos peri-radiculares e ausência de lesões nos dentes permanentes de substituição (15, 31, 33).

Se na fase de revisão e seguimento do tratamento, se evidencia algum dos sinais ou sintomas mencionados estaremos perante o fracasso do tratamento. A maioria das vezes o fracasso de uma pulpotomia deve-se à realização do tratamento num dente onde este tratamento estaria contra-indicado detectando-se o fracasso, em geral, nas radiografias posteriores de controlo, e sendo com frequência o primeiro sinal a reabsorção radicular interna (34, 35). É de destacar portanto, a importância de realizar um seguimento periódico do tratamento pulpar em dentes temporários.

2.2. Pulpotomia com formocresol

A utilização do formocresol foi introduzida em 1904 por Buckley. A sua fórmula é ainda hoje a que está na base da utilização do formocresol (36). Em 1930 surgiu uma modificação do método de Buckley, sugerindo a aplicação de uma mistura de óxido de zinco, eugenol e formocresol. Desde então o formocresol foi a eleição terapêutica mais empregue no tratamento de dentes temporários, principalmente na técnica de pulpotomia (17, 33, 37, 38).

O formocresol é um agente fixador, que tem capacidade mumificante. Provoca uma desnaturalização das proteínas da polpa radicular mais próxima à câmara pulpar e difunde até à polpa mais apical, fixando os tecidos em maior ou menor medida (15). Na maioria dos casos permite uma reabsorção normal e esfoliação dos dentes temporários, é um germicida potente, devido à sua alta alcalinidade, não provoca reabsorções internas e apresenta uma elevada percentagem de êxitos clínicos (17, 38).

Pode apresentar toxicidade local, pelo que a sua utilização em dentes temporários se associa ao possível aparecimento de defeitos no esmalte da dentição permanente subjacente, segundo publicaram Fernández e cols (39). À diferença de estes, Ketley e Goodman (40), que em 1991 estudaram a toxicidade do formocresol, afirmam que o possível dano sobre o dente sucessor, não foi confirmado.

Durante muitos anos o formocresol foi o medicamento mais empregue em pulpotomias de dentes temporários, principalmente pela sua facilidade de utilização e pelo seu excelente êxito clínico. No entanto, foi comprovado em múltiplos estudos que possui capacidade tóxica, pode apresentar características carcinogénicas e mutagénicas, e pode ser distribuído sistemicamente. Contém cresol, que é cáustico e formaldeído que

é um produto que provoca infiltrações de células inflamatórias nos tecidos próximos aos dentes desenvolvidos. A toxicidade sistémica foi investigada em estudos em macacos e cães. No entanto, as grandes quantidades utilizadas nestes estudos não se assemelham às utilizadas no tratamento de pulpotomia em humanos, que são muito menores (40).

Entre os aspectos mais polémicos estão o potencial carcinogénico e mutagénico do formocresol. Um longo contacto com o formocresol é capaz de transformar um epitélio de pré-cancerígeno em cancerígeno (40).

O formaldeído, componente do formocresol, está considerado com potencial carcinogénico em humanos pelas organizações: International Agency for Research on Cancer, Health Canada; Agency for Toxic Substances and Disease Registry in the U.S. Department of Health and Human Services; e U.S. Environmental Protection Agency (41).

Ainda tendo em conta tudo o que precede, a utilização do formocresol em doses mínimas nos tratamentos pulpares de molares temporários não parece traduzir-se em riscos tão preocupantes. Assim, ao avaliar a presença de formocresol no plasma de crianças submetidas a tratamento pulpar com formocresol em molares, sob anestesia geral, Kahl e cols. não detectaram a presença de cresol em nenhuma amostra. Estes resultados fazem com que os autores considerem pouco provável que o formocresol, quando utilizado nas doses recomendadas para um tratamento de pulpotomia, possua algum risco para as crianças (42).

Provavelmente, este agente não represente um risco para a sua utilização em pulpotomias, visto tratar-se de pequenas exposições ao agente, tal como afirmou Milnes, depois de ter realizado uma revisão bibliográfica sobre o metabolismo, farmacocinética e carcinogenicidade do formaldeído (41).

As percentagens de êxito clínico do formocresol, são de 80 a 99% (17, 21, 22, 23, 37, 39, 43) e de êxito radiográfico de 73 a 93% (23, 24, 32). Roberts (17), estudou em 1996, uma amostra de 142 dentes vitais submetidos a pulpotomias com formocresol, obtendo uma percentagem de êxito de 99%, após um período de seguimento de 2 anos e meio. Vij e cols. (22) consideram que o êxito das pulpotomias com formocresol é de 70%, Fernández e cols. (39) de 95%, e Waterhouse e cols. (32), de 84%.

Por tudo isto, este agente continua a ser aceite pela Academia Americana de Odontopediatria (AAPD), pela Food and Drugs Administration (FDA) e pela Academia Europea de Odontopediatria (EAPD) para sua utilização em pulpotomias de molares temporários.

2.3. Outras alternativas à utilização de formocresol

Devido às desvantagens apresentadas pelo formocresol os cientistas desenvolveram, desde há décadas, investigações com o objectivo de encontrar um material que possa representar uma alternativa mais biocompatível e com melhores resultados clínicos e radiográficos (16, 20, 26, 27). Foram sugeridos múltiplos substitutos, tanto farmacológicos como não farmacológicos. No entanto, até à data, a variabilidade dos resultados nos diferentes estudos na investigação das possíveis alternativas ao formocresol como agente para pulpotomias de dentes temporários, parece mostrar que ainda não foi revelado nenhum agente, nem nenhuma técnica, que tenha a mesma percentagem de êxito clínico, a longo prazo, que iguale ou supere os do formocresol (16, 20, 26, 27).

No entanto, nos últimos anos foram observadas já algumas modificações na eleição do medicamento a utilizar nos tratamentos de pulpotomia. Comparando os registos dos departamentos de Odontopediatria das universidades americanas, sobre a utilização do formocresol e do sulfato férrico entre os anos 1997 e 2005, foi observado que, apesar de que o formocresol continuava a ser o medicamento de eleição para pulpotomias, a utilização do sulfato férrico tinha tido um aumento na sua utilização com respeito a 1997 (45).

As diferenças, enquanto à taxa de êxito do formocresol, obtidos pelos diversos autores não são facilmente explicáveis. Podem dever-se a diferenças nos distintos períodos de seguimento, à eleição do dente adequado e a ligeiras diferenças na técnica realizada (43, 17, 39, 22).

Muitos autores concluíram, após as suas investigações, que as alternativas ao formocresol não mostraram, nas pulpotomias, percentagens de êxito que superem, a longo prazo, a taxa de êxito do formocresol.

No entanto, como não se deve esquecer a sua capacidade lesiva, actualmente continuam-se a investigar materiais e técnicas que, sem apresentar os inconvenientes do formocresol, demonstrem uma taxa de êxito similar e que se possam indicar como alternativas ao formocresol.

Seguidamente faremos uma breve referência aos materiais e técnicas mais relevantes manifestando, já desde este momento, que nenhuma delas obteve resultados conclusivos como alternativa ao formocresol.

2.3.1. Pulpotomia com Óxido de zinco-eugenol

O óxido de zinco-eugenol (ZnOE) foi um dos materiais mais utilizados para tratamentos pulpaes, depois do formocresol. A sua utilização mais frequente refere-se a tratamentos de pulpectomia, mas também de pulpotomia em dentes temporários (46, 47, 48).

Considera-se que este agente funciona como um cicatrizante e estimulador do órgão dentino-pulpar na formação de dentina reparadora. Também é considerado como um potente analgésico, pela sua rápida acção sedativa (49).

A maioria dos autores considera que se pode utilizar óxido de zinco-eugenol em tratamentos de pulpotomia como enchimento das câmaras pulpaes de dentes

temporários, uma vez que se tenha realizado o método de Buckley tradicional de pulpotomia com formocresol (16, 17, 24, 27, 28, 29, 32, 51, 52).

Para sua utilização directa em pulpotomias, sem passar pela aplicação prévia de formocresol com uma bola de algodão, muitos investigadores consideram que é conveniente adicionar à mistura um anti-séptico pulpar (geralmente o formocresol), dado que este material por si só não tem um efeito bactericida (16, 17, 24, 28, 32, 47, 48).

No entanto, foi observado também em estudos *in vitro* que o formocresol não forma ligações químicas com o cimento de óxido de zinco-eugenol, e que, provavelmente, ao fim de algum tempo, estes elementos se separam (53).

Por outro lado, múltiplos estudos demonstraram que o óxido de zinco-eugenol provoca reacções de inflamação crónica, afectação do tecido perirradicular e alteração na erupção de dentes permanentes subjacentes aos dentes pulpotomizados (46).

2.3.2. Pulpotomia com Glutaraldeído

O glutaraldeído é um tipo de aldeído de baixo peso molecular. É um produto com capacidade para fixar tecidos, que apresenta um menor grau de penetração que o formocresol e provoca menos lesões apicais e menor necrose (20, 55). É um germicida potente e alguns autores consideram que se trata de um agente com o qual se consegue um êxito clínico elevado com um bom prognóstico (38).

Alguns autores afirmam que uma concentração de glutaraldeído a 2% é suficiente e que a bola de algodão impregnada não deve ser escorrida ao contrário do que ocorre com o formocresol (23, 40).

O tempo de aplicação de glutaraldeído foi avaliado em pulpotomias com glutaraldeído a 2% em primatas, com distintos tempos de aplicação segundo o grupo: um ou cinco minutos. Na análise histológica realizada 24 semanas depois encontraram melhores resultados após cinco minutos de aplicação do glutaraldeído, que aplicando-o durante um minuto (23).

Em comparações entre o glutaraldeído e o formocresol, o primeiro apresentou diversas vantagens com respeito ao formocresol. Em primeiro lugar, foi estimado que este produto é um melhor fixador que o formaldeído, e inicialmente mais activo quimicamente. Além do mais, ao permitir a sua utilização em menor concentração, a sua penetração nos tecidos está mais limitada, provoca menos lesões apicais e menor necrose e os seus produtos de reacção são menos antigénicos (20, 24, 38, 40).

No entanto ainda não foram demonstrados êxitos a longo prazo que igualem os do formocresol (26), como é apreciável num estudo com uma taxa de fracassos de 18% em dentes temporários humanos, 25 meses depois de ter recebido um tratamento de pulpotomia usando glutaraldeído a 2%. Neste mesmo estudo depois de 42 meses de seguimento, os autores encontraram que os dentes tratados com glutaraldeído se reabsorviam mais rapidamente que os controlos com formocresol (26).

Uma comparação de pulpotomias com glutaraldeído a 4% e pulpotomias com formocresol revelou uns resultados semelhantes ou ligeiramente superiores para o glutaraldeído (39). Foram alcançados melhores resultados ao aplicar o glutaraldeído a 4% durante cinco minutos, com respeito à aplicação de glutaraldeído a 2%. Isto poderia

dever-se, a que o aumento da sua concentração e a aplicação durante períodos mais prolongados são factores que aumentam o grau de fixação (23).

2.3.3. Pulpotomia com Hidróxido de cálcio

O hidróxido de cálcio tem propriedades que, em teoria, podem resultar úteis para a sua aplicação em tratamentos de pulpotomias de dentes temporários, como são a estimulação de formação de dentina reparadora e o facto de que tem um alto pH, que lhe dá grande capacidade antibacteriana. Assim, o hidróxido de cálcio tem a capacidade de induzir a formação de pontes cálcicas. Além do mais apresenta certa actividade germicida, permitindo que se conserve vital o tecido em todo o canal quando é aplicado num tratamento de pulpotomia (56).

No entanto apresenta inconvenientes que contra-indicam a sua utilização em pulpotomias de molares temporários: produz uma elevada percentagem de reabsorções patológicas, internas radiculares e coronárias do dente temporário, presença de “gaps” na barreira dentinária que se forma, tem elevada solubilidade nos fluidos orais, baixa adesão e grande degradação depois de sofrer ataque ácido (38, 40, 57).

As reabsorções internas detectadas após tratamentos pulpaes não têm uma explicação totalmente aceite até ao momento. Heiling e cols. (58) sugerem que podem resultar de um processo de “embolização” pelo qual as partículas de hidróxido de cálcio se difundem pelo tecido pulpar, formando pontos de inflamação.

Nesta base, outros autores investigaram a utilização de hidróxido de cálcio fotopolimerizável em pulpotomias de dentes temporários. Compararam o êxito clínico e radiográfico deste material com o do formocresol e concluíram que a taxa de êxito foi

inferior para os dentes tratados com hidróxido de cálcio (56%) que para os dentes tratados com formocresol (94%) (59).

2.3.4. Pulpotomia com Sulfato férrico

O sulfato férrico, $\text{Fe}_2 (\text{SO}_4)_3$, é um agente hemostático. Apesar de o seu mecanismo de acção não se conhecer totalmente, parece que produz aglutinação de proteínas sanguíneas pela reacção do sangue com os iões férricos e sulfatos e com o pH ácido da solução. As proteínas aglutinadas formam tampões que ocluem os orifícios capilares (60).

Na literatura médica e dentária, não se encontram registos de efeitos tóxicos e nocivos do sulfato férrico (61).

Inicialmente, em medicina dentária utilizava-se o sulfato férrico como agente hemostático e coagulante em cirurgia oral, assim como para provocar retracção gengival para a toma de impressões (26, 28, 62, 67).

Dadas as suas características e propriedades também foi empregue em pulpotomias de dentes temporários, demonstrando bons resultados (20, 28) com taxas de êxito clínico de 99-100% e radiográfico de 74-97% (63, 64). Noutra investigação em que compararam pulpotomias com sulfato férrico e pulpotomias com formocresol, foram encontradas percentagens de êxito semelhantes para os dois materiais, apesar de serem algo maior para o formocresol (23).

No entanto, num estudo realizado em ratos de experimentação, não foram obtidos melhores resultados do que com o emprego de formocresol. Efectivamente,

depois de 4 semanas de estudo, apreciou-se na análise histológica, que o sulfato férrico provocou inflamação pulpar, sem diferenças significativas com respeito ao grupo tratado com a técnica convencional com formocresol (65).

A pulpotomia com sulfato férrico parece ser uma boa opção para pulpotomias, mas ainda não superou a longo prazo os resultados obtidos pelo formocresol (23).

Assim, perante a diversidade de resultados, a maioria dos autores consideram que são ainda necessários mais estudos a longo prazo para estabelecer conclusões definitivas acerca do uso de sulfato férrico em pulpotomias de dentes temporários (20, 28, 23, 22, 65, 67).

2.3.5. Pulpotomia com Pastas iodofórmicas

Na literatura científica podem-se encontrar diversos artigos sobre o uso de produtos contendo iodofórmio em tratamentos pulpares de dentes temporários infectados, neste caso principalmente em pulpectomias mais que em pulpotomias. Os medicamentos mais amplamente utilizados são a pasta Vitapex[®] e a pasta Kri[®] (31, 68).

O Vitapex[®] (Neo Dentária, Tokio, Japão; Nia Dent, Canadá), é uma pasta iodofórmica formada pela mistura de hidróxido de cálcio e iodofórmio (19, 48, 69, 70, 71).

Como principais vantagens do Vitapex[®] referem-se as suas propriedades, como a sua facilidade de manipulação, a sua radiopacidade e o facto de que se reabsorve no interior dos canais pulpares num intervalo de semanas a meses, além de não produzir alterações no gérmen dos dentes permanentes subjacentes (70).

A pasta Kri[®] (Pharmachemic AG, Zurich, Suíça), é outro tipo de pasta iodofórmica, e descreve-se na literatura científica como a mistura de iodofórmio, cânfora, p-clorofenol e mentol.

Estudos *in vitro* sobre a capacidade antimicrobiana de diversos materiais empregues em pulpectomias, demonstraram que a pasta iodofórmica (Vitapex[®]), possui um potencial germicida menor que o formocresol, o óxido de zinco-eugenol e o hidróxido de cálcio misturado com paraclorofenol canforado. De facto viu-se, nestes estudos, que possui o mesmo efeito antibacteriano que o grupo controlo no qual se aplicou vaselina (37, 69).

No entanto, outros autores, como García-Godoy, consideram que esta pasta é um material muito efectivo para o preenchimento da câmara pulpar e canais pulpares de dentes temporários infectados, em casos de tratamentos de pulpectomias (48).

Quanto à capacidade antimicrobiana frente à flora bacteriana presente normalmente nos processos cariosos, a pasta Kri[®] tem um efeito similar ao óxido de zinco-eugenol ou ao hidróxido de cálcio misturado com água, enquanto a sua actividade antimicrobiana é inferior à do óxido de zinco-eugenol misturado com formocresol. Ainda assim, há autores que afirmaram que este produto tem suficiente poder antimicrobiano, para ser um bom material para o tratamento de pulpectomía (69, 72).

2.3.6. Pulpotomia com Osso liofilizado ou Osso desidratado

Os cientistas continuam a investigar materiais para substituir os medicamentos que supõem um risco e que apresentam desvantagens clínicas, por outros sem risco e com êxito clínico. À medida que foram surgindo novos materiais para uso noutras áreas da medicina dentária, foram sendo aplicados na Odontopediatria, em particular nos tratamentos de pulpotomia.

Um exemplo destas alternativas são os materiais biológicos, como o osso liofilizado ou osso desidratado, utilizado com frequência em Periodontologia para a reparação de defeitos ósseos para regenerar osso e cimento.

Estes materiais foram propostos como agentes para pulpotomia com a teoria de que poderiam estimular a cura fisiológica da polpa amputada. Considera-se que estes produtos não são tóxicos e são bem tolerados pelo organismo, não conduzindo a inflamação tecidual.

Apesar de a sua utilização em pulpotomias de dentes temporários não estar muito alargada, existem alguns estudos que mostram certos resultados positivos (31).

A formação de pontes de dentina foi observada em 100% das amostras de um estudo em animais de experimentação, nas quais foram realizadas pulpotomias com osso desidratado, e nas quais também foi registada a ausência ou presença leve de células inflamatórias. Pelo contrário, noutra grupo tratado com hidróxido de cálcio, as pontes dentinarias foram detectadas unicamente em 50% dos casos e a inflamação afectou 100% dos casos de forma moderada ou severa (73).

Um outro estudo posterior demonstrou que a aplicação de osso liofilizado em pulpotomias de molares de animais de experimentação produzia sinais de inflamação

pulpar e só algumas provas leves de reparação tecidular mediante formação de pontes dentinarias (74).

2.3.7. Pulpotomia com Colagénio

O colagénio é outro material biológico que foi utilizado em pulpotomias, obtendo-se neste caso resultados muito variáveis. Considera-se que as preparações de colagénio acarretam um risco mínimo de causar reacções imunológicas adversas, não apresentam antigenicidade nem estimulam a produção de anticorpos (20).

Em pulpotomias de dentes temporários de animais de experimentação, a utilização de colagénio (Zyderm[®]) apresentou uma alta taxa de fracasso. Isto pode-se atribuir a que a forma comercial não mantenha as características curativas do colagénio original, já que possivelmente não permite um correcto selamento da área tratada, permitindo a passagem de substâncias tóxicas até ao tecido pulpar e perirradicular (75).

2.3.8. Pulpotomia com Proteínas osteogénicas

As proteínas osteogénicas (BMP), também utilizadas inicialmente em tratamentos de Periodontologia, estimulam não só a formação de cartilagem e osso em implantações intra e extra esqueléticas *in vivo*, como também a dentinogénese e, portanto, a formação de pontes dentinarias em dentes (24). As propriedades das BMP parecem derivar do seu papel regulador na diferenciação celular e foi observada a presença de receptores específicos para estas proteínas na polpa dentária (55).

O mecanismo de acção das BMP começa por uma resposta imune celular, seguida de uma reabsorção das BMP e uma proliferação de células mesenquimatosas, acompanhada de uma invasão vascular. Num estudo sobre a sua aplicação nos tratamentos de pulpotomia foi demonstrado que, 4 semanas depois da sua aplicação, se podiam observar osteoblastos e dentinoblastos formando uma matriz em algumas zonas da polpa tratada e que 4 semanas mais tarde, os odontoblastos formam dentina tubular próxima à osteodentina, demonstrando a possibilidade de que as BMP estimulem a mitose das células mesenquimatosas e induzam a diferenciação de osteodentinocitos (76).

A utilização de proteínas osteogénicas em associação com colagénio em pulpotomias de dentes de animais de experimentação não induziu a deposição de tecido mineralizado, levando, inclusivamente, à formação de lesões periapicais visíveis radiograficamente (77).

São necessários mais estudos, e a longo prazo, destes materiais, que permitam estabelecer conclusões a respeito da sua indicação como alternativa ao formocresol em pulpotomias de molares temporários (55).

2.3.9. Pulpotomia com Laser

Na actualidade, a utilização do laser, apresenta uma tendência ascendente, principalmente pelo facto de que não se trata de um medicamento e, além do mais, como sugerem alguns autores, determinados tipos de laser como os que contêm érbio, podem estimular a capacidade de reparação da polpa. Idealmente, a irradiação da câmara pulpar com laser provocaria uma área superficial de coagulação e necrose

compatível com a vitalidade do tecido pulpar subjacente (24, 36). Considera-se que, com este método, se consegue aumentar a reparação, estimular a dentinogénese e preservar a vitalidade da polpa radicular (24, 78).

O laser apresenta múltiplas acções biológicas entre as quais se destacam a sua acção analgésica, antibacteriana e anti-inflamatória, assim como a sua capacidade de estimulação do metabolismo celular, da proliferação de fibroblastos, do sistema imunitário e do sistema de coagulação. Os efeitos mais importantes que se detectaram no tecido dentário são a sua acção esterilizante e a sua capacidade para modificar a estrutura cristalina (reestruturação e recristalização do cimento, esmalte e dentina) (78, 79, 80).

Ao comparar os resultados clínicos e radiográficos da utilização do formocresol e do laser Nd:YAG em pulpotomias de molares temporários, observou-se, aos 64 meses, um êxito clínico e radiográfico superior nos molares tratados com laser (97% e 94,1%, respectivamente) do que nos molares tratados com formocresol (85,5% e 78,3%). Nos molares tratados com laser, observou-se a existência de calcificação dos canais 6 a 9 meses depois do tratamento em 33,8% dos molares, e quanto mais longo o período de observação, mais calcificação dos canais foi verificada (81). Além disso, os dentes permanentes sucessores aos molares temporários tratados com laser Nd:YAG não apresentaram nenhuma complicação (81). A metamorfose calcificante ocorrida poderia atribuir-se à actividade odontoblástica com início depois do tratamento, sugerindo que a polpa mantém algum grau de vitalidade e função (82).

A realização de pulpotomias com laser de carbono, exibiu êxito clínico na avaliação dos molares 90 dias depois do seu tratamento. No entanto, a análise histológica dos dentes depois da sua extracção, revelou que se tinha produzido

reabsorção interna em alguns molares, e que em nenhum caso se apresentou a formação de uma ponte dentinaria (83).

Das investigações avaliadas parece que a técnica tradicional de pulpotomia com formocresol exhibe melhores resultados histológicos que este novo sistema proposto (19, 83).

2.3.10. Pulpotomia com Electrocoagulação

A electrocoagulação pode-se definir como a aplicação de uma corrente alterna de alta frequência cujo efeito termal se usa para destruir ou seccionar os tecidos vivos. Existe hemorragia depois da sua utilização, apesar de muito reduzida.

Os bisturis eléctricos podem trabalhar de quatro formas: coagulando, dissecando, por electro-dissecação e por fulguração.

Os autores que investigaram a utilização deste sistema em pulpotomias de dentes temporários, recomendam a utilização da função corte/coagulação para estes procedimentos (84). Através da utilização do bisturi eléctrico, consegue-se desvitalizar a polpa camarária, neste caso, de forma física, ao contrário do que sucede quando se utiliza o formocresol, em que esta desvitalização ocorre de forma química (20, 24).

Os resultados clínicos obtidos com este método são semelhantes aos obtidos com o formocresol. Por outro lado, os resultados histológicos são menos determinantes (36, 24).

Ao comparar histologicamente dentes temporários de animais de experimentação tratados mediante pulpotomia com formocresol ou por electrocoagulação foi observado que, depois de um máximo de 6 meses de estudo, a resposta tecidual da polpa tratada era muito semelhante em ambos os grupos (85).

A aplicação de electrocoagulação prévia à aplicação de hidróxido de cálcio, em tratamentos de pulpotomia em animais de experimentação, também produziu bons resultados (86).

No entanto, também se recolhem na literatura científica resultados desfavoráveis com a utilização de electrocirurgia em pulpotomias de dentes temporários, sugerindo que a técnica com electro-bisturi não mantém a polpa em condições vitais evoluindo inclusivamente até à necrose da mesma (87). Nestes tratamentos também foi observada uma intensa infiltração celular inflamatória, mostrando a formação de abscessos no periodonto, o que indica que a cura completa não se alcança apesar da formação de pontes dentinarias. Estes achados demonstram que o formocresol é histopatologicamente superior à electrocirurgia no tratamento de pulpotomia (20, 87).

2.3.11. Resumo do estado actual das alternativas ao formocresol

Da revisão da literatura científica disponível sobre todas estas alternativas para os tratamentos de pulpotomia, chegamos à conclusão de que não podemos propor nenhum deles como substituto definitivo do formocresol, dado que nenhum dos estudos chegou a mostrar melhores níveis de êxito clínico e radiográfico, a longo prazo, que os obtidos com o formocresol.

2.4. Novas alternativas. O Agregado Trióxido Mineral

Na década de 90 surgiu um novo material, o Agregado Trióxido Mineral (MTA), desenvolvido na Universidade de Loma Linda (Califórnia). É um material que foi descrito pela primeira vez na literatura especializada em 1993 por Lee, Monsef e Torabinejad (88) e patenteado em 1995 por Torabinejad e White (89).

Desde então este material tem sido investigado e aplicado em múltiplas e diversas intervenções cirúrgicas e não cirúrgicas no âmbito odontológico. Em 1998 foi aprovado pela Food and Drug Administration americana. Nestes anos tem sido objecto de numerosas investigações com resultados muito esperançosos em quanto à sua utilização em tratamentos pulpares.

Em Espanha, o MTA começou a comercializar-se com o nome ProRoot[®] por Maillefer-Dentsply (Tulsa Dentária). O MTA que se comercializou inicialmente apresentava uma cor cinzenta (MTA Cinzento). No ano de 2002 surgiu uma nova fórmula, de cor branca (MTA Branco), que substituiu a fórmula anterior (90). (Figura 2)

No Brasil começou por comercializar-se o MTA Cinzento no ano de 2001 com o nome Angelus[®] pela casa comercial Angelus Soluções Odontológicas (Brasil). No ano de 2003 surgiu o MTA-Angelus[®] de cor branca. No ano de 2005 o MTA-Angelus[®] começou a comercializar-se em Portugal pela casa comercial Surgik e, mais recentemente, foi introduzido no mercado Espanhol pela casa comercial Endovations.

Os artigos de investigação científica citados neste trabalho referem-se, maioritariamente, a estudos realizados com MTA ProRoot[®], existindo algumas excepções devidamente identificadas.



Figura 2. MTA Cinzento e MTA Branco da marca ProRoot® e seu aspecto recém misturado.

2.4.1. Composição e manipulação

O MTA é um pó que consiste em finas partículas hidrofílicas e que endurece em presença de humidade. Este pó é, fundamentalmente, cimento tipo Portland refinado, que está formado por compostos cálcicos. Assim os principais componentes do MTA são, 75% compostos cálcicos como silicato tricálcico ($3\text{Ca}-\text{SiO}_2$), aluminato tricálcico ($3\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3$), silicato dicálcico ($2\text{CaO}-\text{SiO}_2$) e aluminato férrico tetracálcico ($4\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3$); 20% de óxido de bismuto (Bi_2O_3); 4,4% por sulfato de cálcio dihidratado

($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) e sílica cristalina; e finalmente por resíduos insolúveis como óxido de cálcio, óxido de magnésio e sulfato de potássio e sódio em 0,6% (91-95).

Alguns autores não descrevem a presença de óxido de bismuto na constituição do MTA (96, 97, 98), o que pode dever-se a que nestes estudos os autores tenham utilizado uma versão protótipo do MTA, que não continha nenhum agente radiopaco, em contraste com a versão comercializada do MTA (93).

Imagens de electrões dispersos demonstraram que o MTA está composto por pequenas partículas irregulares com presença de algumas partículas maiores e alongadas. Considera-se que as partículas mais alongadas correspondem ao óxido de bismuto (93).

Ao ser um cimento tipo Portland, poderia surgir a inferência de que este último pudesse ser utilizado como substituto ao MTA. Por este motivo é importante enfatizar que o cimento Portland e o MTA não são materiais idênticos. O MTA apresenta um tamanho médio de partículas mais pequeno, contem menos metais pesados tóxicos, possui um maior tempo de manipulação e é submetido a um processo de purificação adicional (99, 100). Além disso, o MTA apresenta na sua constituição, ao contrário do cimento Portland, o óxido de bismuto, para torná-lo radiopaco para uso dentário (93).

O pó deve-se misturar com água estéril numa proporção de 3:1 numa placa de vidro ou papel com a ajuda de uma espátula de plástico ou de metal. A mistura pode levar-se num transportador de plástico ou metal à zona operatória. Se a preparação apresentar demasiada humidade, torna-se difícil condensar o MTA. Assim, o excesso de humidade pode-se eliminar com um pouco de gaze seca, espuma, ou algodão. Nos casos em que a mistura estiver muito seca, pode-se adicionar mais água à mistura até obter uma consistência pastosa. Como o MTA requer humidade para endurecer, deixar a

mistura numa placa de vidro ou papel dará lugar a uma desidratação do material e a uma mistura seca e granulosa (88, 91, 92, 96, 101-104).

Com a hidratação, o MTA forma um gel coloidal (91, 93, 95, 96) que solidifica numa estrutura dura num tempo aproximado de 2 a 4 horas (90, 91, 96), em presença de humidade dos tecidos circundantes que favorece a reacção de endurecimento (88).

Os principais constituintes, silicato tricálcico (3Ca-SiO_2) e silicato dicálcico (2CaO-SiO_2), reagem com a água produzindo um sal hidratado pobremente cristalizado e hidróxido de cálcio (90).

Para uma correcta manipulação do material, considera-se que o MTA deve misturar-se, tal como recomendam os fabricantes e diversos investigadores, imediatamente antes de usá-lo. O pó de MTA é apresentado em saquetas hermeticamente seladas. Depois de aberto, o material deve-se guardar em recipientes com tampas herméticas e longe da humidade (88, 91, 96, 101-104).

Enquanto à condensação do MTA na área de tratamento, foi sugerido que a sua colocação através de técnicas de condensação manual proporciona o aparecimento de menos porosidade do que quando a condensação se efectua por técnicas ultra-sónicas, em práticas simuladas (105). Por outro lado, o estudo dos efeitos da pressão de condensação em algumas propriedades físicas do MTA, através da realização de provas de microdureza e de avaliação da resistência à compressão, demonstrou que a pressão de condensação pode afectar a resistência e dureza do MTA. Existe uma tendência a que pressões de condensação mais elevadas produzam uma diminuição na dureza superficial do material e uma redução da formação de cristais, devido à falta de espaço para as moléculas de água (106).

2.4.2. Propriedades do MTA

Com a introdução no mercado do MTA Cinzento, os cientistas abriram inúmeras linhas de investigação científica para estudar as propriedades e características deste material, que se podem ler em seguida.

A. Valor do pH

O MTA hidratado apresenta um pH inicial de 10,2 que aumenta a 12,5 três horas depois da mistura do pó com água estéril, podendo este valor diminuir um pouco, passado este tempo (91, 104, 107, 108, 110).

O elevado valor de pH do MTA levou alguns autores a afirmar que a actividade biológica deste material é devida à formação de hidróxido de cálcio, pela reacção do silicato tricálcico (3Ca-SiO_2) e do silicato dicálcico (2CaO-SiO_2) com a água, no momento de endurecimento. Inclusivamente sugere-se que o MTA poderia considerar-se como hidróxido de cálcio contido numa matriz de silicato (90, 93, 108-112).

Os valores de pH inicial e pós-endurecimento obtidos por Torabinejad e cols. nos seus estudos foram confirmados por outros autores em estudos posteriores (93, 108, 110). No entanto, num estudo mais recente, foi obtido um valor de pH máximo de 9,36. Os autores sugerem que esta discrepância de resultados poderia dever-se à diferente metodologia seguida, já que Torabinejad e cols. realizaram a medição do pH directamente no material através da utilização de micro-eléctrodos, enquanto que neste estudo o material foi inserido em tubos com água desionizada e posteriormente avaliado o pH (108).

B. Radiopacidade

No registo da patente do MTA pode-se observar que o bismuto é um componente adicionado ao MTA para lhe conferir a radiopacidade (89). A única diferença entre a composição do MTA e do cimento Portland é, justamente, o óxido de bismuto presente no MTA (93, 113). Além disso, pode-se encontrar uma correlação positiva entre a concentração de óxido de bismuto nos materiais MTA ProRoot[®], cimento Portland e cimento Portland com óxido de bismuto adicionado e a radiopacidade por eles exibida (114).

O método normalmente utilizado para a avaliação da capacidade de selamento radicular de um material (ISO 6876, secção 7.7) implica que o material apresente pelo menos uma radiopacidade equivalente a 3 mm de alumínio (mm Al). Segundo este método, o MTA apresentou uma radiopacidade de 6,53 mm Al, face a 0,96 mm Al do cimento Portland, o que faz com que possa estar indicado como um bom material de selamento radicular (113). Outros autores encontraram uma medida de radiopacidade do MTA de 7,17 mm Al (91).

C. Resistência à compressão e factores modificadores

Nos diferentes estudos levados a cabo com MTA, viu-se como a resistência à compressão deste material aumenta em presença de humidade até 21 dias depois da mistura (94) alcançando finalmente um valor aproximado de 70 Mpa (91, 96, 101, 115). Assim, foi possível concluir que, mesmo que inicialmente a resistência à compressão do MTA resulte ser menor que a de alguns materiais com as mesmas indicações de

aplicação, o valor final desta resistência é comparável ao do IRM[®] e do Super-Eba[®], mas significativamente menor que o do amálgama, que é de 311 Mpa (91, 96, 101).

Comparando a variação da microdureza do processo de hidratação do MTA quando este se encontra em condições de pH fisiológico (pH 7) e quando se encontra exposto a um valor de pH 5 correspondente a ambientes inflamatórios, pode-se concluir que o MTA é inversamente afectado por estas variações, isto é, a microdureza do MTA aumenta à medida que diminui o pH (116).

O efeito de misturar o pó de MTA com outros líquidos e aditivos, em vez da água esterilizada fornecida pelo fabricante, pode produzir efeitos no tempo de endurecimento e na resistência à compressão deste material que variará segundo o líquido elegido (117).

Assim, foi demonstrado que a utilização de soluções de 3 e 5% de cloreto de cálcio, de um lubrificante à base de água, ou de geles de hipoclorito diminuem o tempo de endurecimento do MTA. No entanto, nestes casos, a resistência à compressão final foi significativamente mais baixa que a obtida quando a mistura era efectuada com água estéril. Pelo contrário, ao proceder à mistura do pó de MTA com uma solução anestésica com 2% de lidocaína, o tempo de endurecimento aumentou, mas a resistência à compressão não foi significativamente afectada. Ao proceder à mistura do pó de MTA com gel de gluconato de clorhexidina não ocorreu nenhuma reacção de endurecimento (117).

Dado que se considera que a reacção de endurecimento do MTA, tal como a do cimento Portland, é uma reacção de hidratação, parece razoável afirmar que tem que estar disponível suficiente quantidade de água nos líquidos para a preparação do MTA. Além disso, é lógico pensar que o líquido eleito para a preparação deva também possuir

água com uma capacidade de difusão necessária para que esteja disponível para a reacção de hidratação. Podem-se considerar diferentes soluções na preparação do MTA em vez de água estéril, mas é necessário avaliar as possíveis vantagens que se possam obter para o potencial terapêutico versus a perda de propriedades físicas do MTA nestas situações (118).

D. Força de retenção

A retenção do MTA numa cavidade aumenta com o aumento da área de superfície. Hachmeister e cols. concluíram numa investigação que uma camada de 4mm de profundidade de MTA apresenta mais resistência ao deslocamento que uma camada de 1mm (119).

Nos casos de reparações de perfurações radiculares, a contaminação com sangue da dentina radicular parece afectar a força de retenção do MTA, uma vez que se observou que esta força foi menor nestes casos do que a observada em casos de dentina radicular não contaminada (120).

E. Capacidade de selamento e solubilidade

Quando o MTA é utilizado como material de reparação de perfurações são necessários 3 dias para que o MTA exerça a sua boa capacidade de selamento (121).

Comparando, *in vitro*, a capacidade de selamento do MTA na sua aplicação como material de obturação retrógrada, com a capacidade de selamento do amálgama e do super EBA, não foi encontrado nenhum caso de microinfiltração nos dentes tratados

com MTA, enquanto 20% dos dentes tratados com super EBA e 56% dos dentes tratados com amálgama demonstraram ter sofrido microinfiltração (122).

Quando termina o processo de endurecimento do MTA ocorre uma expansão higroscópica, o que favorece a sua capacidade de selamento e de prevenir microinfiltrações (98, 123) e forma-se uma matriz porosa caracterizada pela presença de capilares internos e canais de água. Como parece, o aumento da proporção líquido/pó produz mais porosidade e aumenta a solubilidade de este material, ao contrário do que sucede utilizando uma proporção adequada em cujo caso a solubilidade não se modifica com a passagem do tempo (110).

Num estudo em que compararam o MTA com o hidróxido de cálcio em pulpotomias, observaram que não ocorria a formação de uma barreira dura, nem sequer ocorria deposição de matriz de dentina na polpa exposta quando existia microinfiltração entre o dente e o material adaptado na cavidade, ou quando se encontraram bactérias na ferida pulpar. Nestas situações, a resposta inflamatória intensa e a desorganização tecidual caracterizavam o fracasso pulpar (124), demonstrando a relação entre o selamento marginal e a presença/ausência de inflamação.

Idealmente, um cimento deve bloquear a migração bacteriana até aos tecidos pulpares e periodontais para ajudar a controlar infecções e prevenir a sua recorrência. A solubilidade é um factor directamente relacionado com a capacidade de selamento assim como com as modificações dimensionais (125).

A capacidade de selamento do MTA num ambiente aquoso pode estar comprometida durante as primeiras 72 horas devido à excessiva solubilidade do material, o que pode afectar a organização das partículas nas paredes da cavidade dentinária (125).

A presença ou ausência da lama dentinaria também influi na capacidade de selamento do MTA (126, 127). Tahsin e cols. demonstraram através da comparação de dois grupos: um grupo em que os dentes foram irrigados com hipoclorito a 5,25% e outro grupo em que realizaram irrigação com EDTA a 17% para remoção da lama dentinaria além do hipoclorito a 5,25%, que nos dentes nos quais tinham removido a lama dentinaria ocorreu mais microinfiltração que nos dentes nos quais a lama dentinaria não tinha sido eliminada (127).

Também Kubo e cols. avaliaram *in vitro* a capacidade de selamento do MTA na sua utilização como cimento para obturações a retro em raízes previamente tratadas com agentes desmineralizantes para remoção da lama dentinaria. Os agentes utilizados foram o ácido ortofosfórico a 35% durante 15 segundos, solução de EDTA a 17% durante 3 minutos e gel de EDTA a 24% durante 4 minutos. Para quantificar o nível de infiltração marginal utilizaram um corante (2% de rhodamine B, a 37°C, durante 24 horas) e realizaram a medição da penetração do corante utilizando microscopia. A extensão de penetração do corante foi de 2,18 mm nas raízes tratadas com ácido ortofosfórico, 2,54 mm nas raízes tratadas com solução de EDTA a 17% e 2,64 mm nas raízes tratadas com gel de EDTA 24%. Baseando-se nos resultados obtidos, os autores concluíram que a aplicação de agentes desmineralizantes não se pode recomendar quando se pretende utilizar MTA como material de preenchimento radicular (126).

F. Biocompatibilidade e resposta celular e imunológica

A biocompatibilidade é uma das propriedades mais importantes dum material quando vai ser empregue em contacto directo com tecidos vivos. Todos os materiais utilizados em odontologia têm que ser previamente avaliados para proteger a saúde dos

pacientes. Esta avaliação realiza-se em 4 fases: avaliação da toxicidade geral, avaliação da irritação tecidual local, estudo pré-clínico e avaliação clínica (130).

A biocompatibilidade do MTA foi avaliada tanto em estudos *in vitro* como em estudos *in vivo* que demonstraram que se trata de um material biocompatível (97, 99, 101, 124, 129).

O hidróxido de cálcio é o principal componente libertado pelo MTA num ambiente húmido (96). A sua presença contribui para que o MTA seja altamente alcalino (pH 12,5), o que favorece a sua biocompatibilidade (97, 99, 129, 130).

Ao comparar o efeito do MTA na viabilidade celular e capacidade de mineralização de células pulpares de ratos de experimentação, com o efeito do Dycal (Dentsply Caulk, Milford, DE) e do Superbond C&B (SB; Sun Medical, Shiga, Japan), foi demonstrado que o MTA apresenta uma grande capacidade de estimular a mineralização, superior em 60% aos outros materiais. Por outro lado, o MTA não exibiu citotoxicidade, tal como o Superbond, ao contrário do Dycal. Além disso, o MTA aumentou a produção da proteína BMP-2 (proteína óssea morfogenética) em cerca de 40%, enquanto o Dycal a diminuiu, sugerindo este resultado que a BMP-2 poderia desempenhar um papel importante na mineralização estimulada pelo MTA (74).

Foi demonstrado que o MTA é menos agressivo para a polpa que o hidróxido de cálcio (124). Avaliações histológicas de polpas sobre as quais se tinha aplicado MTA demonstraram que, quando se utiliza MTA, se forma uma camada necrótica mais fina que quando se utiliza hidróxido de cálcio.

Souza Costa e cols. realizaram um estudo em que avaliaram os efeitos citotóxicos e a resposta pulpar provocada pela aplicação de MTA e hidróxido de cálcio

in vivo em pulpotomias e *in vitro* ao aplicar estes materiais em culturas de células pulpare (124). Nos seus resultados da experiência *in vivo*, observaram que a resposta pulpar nas pulpotomias realizadas com MTA foi semelhante à resposta pulpar nas pulpotomias realizadas com o hidróxido de cálcio. No entanto, observaram que, nos dentes tratados com hidróxido de cálcio, a barreira dura que se formava apresentava uma forma convexa enquanto nos dentes tratados com MTA a barreira apresentava uma disposição horizontal. Esta diferença é justificada pela cauterização do tecido conjuntivo que ocorre depois da aplicação do hidróxido de cálcio no tecido pulpar remanescente. Afirmam que esta característica histológica determina que o hidróxido de cálcio provoca uma maior necrose das células adjacentes à zona de recobrimento da polpa. Sugerem que a fina capa de tecido necrótico que se forma adjacente ao MTA é devida, pelo menos em parte, ao baixo pH inicial que apresenta este material (124). Na experiência *in vitro* os autores confirmaram o baixo efeito tóxico do MTA. Concluíram que, apesar de que se tenha observado uma resposta pulpar semelhante para ambos materiais, parece que, nos casos em que se utiliza MTA, se forma uma camada necrótica mais fina e uma barreira dura horizontal, demonstrando que o MTA é menos agressivo que o hidróxido de cálcio (124).

Os componentes solúveis do MTA recém misturado e do MTA endurecido apresentam habilidade para solubilizar proteínas da matriz de dentina que, potencialmente influenciam eventos de resposta celular para a reparação e regeneração de dentina (132).

Tomson e cols. estudaram estes componentes solúveis e a sua habilidade para solubilizar proteínas da matriz de dentina. Além disso, avaliaram se este extracto continha moléculas de sinalização importantes para a reparação e regeneração pulpar. Estes dados foram comparados com os mesmos parâmetros estudados no hidróxido de

cálcio. Na solução de MTA encontraram: alumínio, cálcio, potássio e íons de sódio. As soluções de MTA e de hidróxido de cálcio libertaram quantidades semelhantes de glicosaminoglicanos e proteínas não-colagenicas. Os autores concluíram que estes resultados indicam que, quando são aplicados clinicamente, os componentes solúveis do MTA recém misturado e endurecido, desencadeiam uma resposta celular no sentido de favorecer a reparação e regeneração de dentina (132).

Para avaliar a citotoxicidade do MTA, Keiser e cols. (153) realizaram uma investigação na qual procederam à comparação do MTA com o Super-EBA (Harry J. Bosworth, Skokie, IL) e uma amálgama de fase dispersa (Dispersalloy Dentsply Caulk, Milford, DE). Para isso, obtiveram fibroblastos do ligamento periodontal das raízes de terceiros molares superiores humanos impactados, que foram extraídos e colocados em *Meio de Eagle Modificado de Dulbecco* (MEMD) (Life Technologies, Inc., Grand Island, NY) a 4°C. Os materiais foram misturados segundo as recomendações do fabricante e colocados no fundo de uns recipientes de cultivo até alcançar uma grossura de 5mm aproximadamente. Estas amostras foram divididas em dois grupos: no primeiro grupo incluíram todos os materiais recém misturados, enquanto no segundo grupo deixaram que os materiais endurecessem durante 24h a 37°C com uma humidade relativa de 100%. Nos resultados os autores encontraram que, no grupo de misturas frescas, tanto à menor como à maior concentração do extracto, o material que apresentou menor toxicidade foi o MTA. Na amostra endurecida em 24 horas, também em ambas as concentrações do extracto, o material que apresentou menor toxicidade foi o MTA. Os autores concluíram que na sua investigação o MTA demonstrou ser menos tóxico para as células do ligamento periodontal humano que o Super-EBA e a amálgama. Afirmaram que, dentro dos parâmetros de uma avaliação *in vitro*, este estudo apoia a utilização do MTA no ambiente periapical (133).

O MTA apresenta um valor de toxicidade mais baixo que o hidróxido de cálcio, o sulfato férrico, o formocresol diluído ou a solução de Buckley's (134). Assim demonstraram Menezes e cols. num estudo *in vitro* em que a substância que apresentou o valor de toxicidade mais elevado foi a solução de Buckley's enquanto o MTA foi o que apresentou o valor de toxicidade mais baixo e o hidróxido de cálcio apresentou uma toxicidade 10 vezes mais elevada que o MTA. Os autores consideraram que o MTA é o material para terapia pulpar vital mais prometedora, em substituição ao formocresol (134).

O MTA induz uma menor inflamação periapical e resposta tecidual que o óxido de zinco eugenol, quando é utilizado como material de preenchimento apical, tal como demonstraram Bernabé e cols. (135), num estudo em que compararam a resposta histológica associada à utilização de MTA com a resposta associada à utilização de óxido de zinco eugenol, como materiais de preenchimento apical em dentes de cães (135).

Nesse estudo (135), os dentes foram divididos em dois grupos e, cada grupo em dois subgrupos: dentes nos quais os canais radiculares não estavam preenchidos e as cavidades de acesso não estavam obturadas (abertos) e dentes com canais preenchidos e cavidades obturadas (fechados). Obtiveram uma diferença significativa entre os níveis de inflamação nos tecidos peri-radiculares do grupo MTA/fechados, comparado com o grupo OZE/abertos e OZE/fechados, mas não entre os grupos MTA/fechados e MTA/abertos. Além disso, observaram a formação de cimento em todos os dentes do grupo MTA e em nenhum dente do grupo OZE. Concluíram que a utilização de MTA está associada a uma menor inflamação periapical e resposta tecidual quando é utilizado como material de preenchimento apical, inclusivamente quando não está presente nenhum preenchimento radicular nem obturação coronária (135).

A associação de MTA a células mãe mesenquimatosas, envolvidas na reparação dentária através da activação de factores de crescimento e com habilidade para regenerar o complexo dentino-pulpar, demonstrou, por microscopia de luz utilizada para avaliar a toxicidade do material, que o MTA, não só não provocou morte celular, como também favoreceu a proliferação e adesão celular (136).

Para tentar melhorar a manipulação do MTA, alguns autores sugeriram a associação de algumas substâncias à mistura. Jafarnia e cols. estudaram o efeito da associação de lidocaína a 2%, solução salina, CaCl_2 a 5% ou gel de NaOCl a 3% e afirmaram que nenhum dos aditivos utilizados exercia efeito na citotoxicidade do MTA uma vez endurecido e que unicamente o gel de NaOCl a 3% produzia uma alteração da citotoxicidade do MTA quando estava recém misturado. Os autores concluíram que o MTA é biocompatível inclusivamente quando está misturado com diversos aditivos (137).

G. Capacidade antimicrobiana

Reconhece-se ao MTA capacidade antimicrobiana frente a algumas espécies, como se pode comprovar no estudo *in vitro* realizado por Cepowicz e cols. no qual estudaram a capacidade antimicrobiana do MTA frente a *Streptococcus mutans*, *Streptococcus sanguis* e *Streptococcus salivarius* e demonstraram a sua efectividade, inclusivamente 8 dias depois da sua aplicação (138).

O MTA apresentou actividade antimicrobiana frente a bactérias facultativas num estudo de Torabinejad e cols. No entanto, não foi encontrada actividade frente a

Enterococcus faecalis, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* e *E. coli* ou frente a bactérias anaeróbicas (139).

O MTA também não revelou actividade frente a *S. aureus*, *E. faecalis*, *P. aeruginosa*, *B. subtilis* ou *C. albicans* no estudo de Estrela e cols. (140), assim como frente a *E. coli* no estudo de Sipert e cols. (141). No entanto, ao estudar a capacidade anti-fúngica do MTA, Al-Nazhan e cols., demonstraram que tanto o MTA acabado de misturar como o MTA depois de endurecido apresenta capacidade de inibição da *C. albicans* (142).

A actividade antimicrobiana do MTA frente a *Enterococcus faecalis* e *Streptococcus sanguis* foi avaliada por Al-Hezaimi e cols. que realizaram um estudo *in vitro* no qual avaliaram este parâmetro, através de uma prova em tubo de diluição. Neste estudo obtiveram uma correlação directa entre a concentração de MTA e o efeito antibacteriano. Os tubos que continham MTA em concentrações de 50, 25 e 12.5 mg/ml, não apresentaram crescimento de *S. sanguis* nem de *E. faecalis* em nenhum momento. Além disso, os tubos com 6.25 e 3.12 mg/ml também não apresentaram crescimento de *S. sanguis*. Os autores sugerem que poderia existir uma diferença de susceptibilidade ao MTA entre o *E. faecalis* e o *S. sanguis*, uma vez que este último se demonstrou mais susceptível ao efeito antimicrobiano do MTA, inclusivamente para concentrações mais baixas (143).

Outro grupo de investigadores avaliou e comparou a actividade antibacteriana de diversos materiais utilizados em selamentos radiculares apicais: MTA, amálgama, material intermédio de restauração (IRM[®]), Super Bond C&B[®], Geristore[®], Dyract[®], composite Clearfil PAX[®] e SE Bond[®]. A investigação consistiu em avaliar o crescimento das espécies bacterianas *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis* e

Pseudomonas aeruginosa. Os materiais foram avaliados precisamente depois da sua preparação, a fresco, e 3 dias depois do endurecimento. Em cada amostra, colocaram 10 microlitros de suspensão de bactérias em contacto directo com o material e procederam à medição do crescimento das bactérias que tinham sobrevivido. Nos resultados observa-se que nas amostras frescas de todos os materiais ocorreu um atraso de 3 horas no crescimento exponencial das bactérias *E. faecalis* e *S. aureus*, e um atraso de 5 horas no crescimento da *P. aeruginosa*. As amostras de IRM e MTA endurecidas demonstraram, em geral, uma maior actividade antibacteriana que os outros materiais: ambos inibiram completamente a *P. aeruginosa* e ambos atrasaram ou limitaram o crescimento de *E. faecalis*. Os autores concluíram que estes dois materiais foram, geralmente, inibidores do crescimento bacteriano mais potentes do que os outros materiais no estudo (144).

A efectividade da utilização de MTA conjuntamente com agentes antibacterianos como: solução de Cipro HC Otic, formocresol e solução Otosporin Otic na cura de polpas dentárias previamente contaminadas de macacos de experimentação foi comparada com a utilização de OZE associado às mesmas soluções por Cannon e cols. (145).

Os tecidos que tinham sido tratados com suspensões Otic demonstraram histologicamente uma inflamação significativamente menor que os tecidos tratados com formocresol. As pontes de tecido duro que se formaram eram mais organizadas no grupo em que tinham colocado MTA do que no grupo em que tinham aplicado OZE. Os autores concluem que as suspensões Otic e o MTA são efectivos no tratamento de polpas infectadas e que estimulam a produção de pontes de tecido duro na zona de exposição pulpar (145).

Quando, em estudos *in vitro*, ao pó de MTA se associa pó de dentina humana, parece que se produz a eliminação de bactérias mais rapidamente que unicamente com pó de MTA. Zhang e cols, compararam *in vitro* a efectividade antibacteriana do MTA com a de uma mistura de MTA com pó de dentina humana, frente ao *Enterococcus faecalis*. O pó de MTA apresentou efectividade na eliminação bacteriana e provocou uma descida significativa na viabilidade bacteriana ao fim de 6 minutos. O pó resultante de fracturas de MTA endurecido foi igualmente ou mais efectivo que o MTA fresco e a mistura de MTA com pó de dentina humana em proporções iguais produziu uma eliminação das bactérias ainda mais rápida (146).

Também existem estudos nos quais não foi demonstrada a actividade antibacteriana do MTA, como é o caso de um estudo realizado por Miyagak e cols. no qual foi avaliada a actividade antimicrobiana de alguns materiais utilizados em endodontia, em concreto AH Plus® (Dentsply DeTrey GmbH, Germany, 2003), cimento Portland (Barroso, São Paulo, Brasil, 2003), N-Rickert (São Paulo, Brasil), Pro Root® MTA (Dentsply DeTrey GmbH, Germany, 2003) e Sealapex® ((Kerr Corp, USA, 2003) frente aos microrganismos *Candida albicans*, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus*, não foi observada actividade antimicrobiana no cimento Portland nem no MTA (147).

2.4.3. Diferenças entre o MTA Cinzento e o MTA Branco

Até 2002, o MTA Cinzento foi a única fórmula de MTA disponível para uso clínico. Nesse ano, foi introduzido no mercado o MTA de cor branca, para fazer frente a alguns problemas estéticos com o MTA de cor cinzenta, dado que se observou que este originava manchas nos dentes em que se aplicava (90, 148).

No entanto, desde 2003, o fabricante introduziu alterações no tamanho dos cristais de ambos tipos de MTA, Cinzento e Branco, afectando potencialmente propriedades físicas da nova formulação. Alguns autores sugeriram que o MTA Cinzento e o MTA Branco poderiam apresentar mais diferenças além da cor (149).

A. Diferenças na composição

Vários autores estudaram as diferenças entre o MTA Cinzento e o MTA Branco recorrendo a métodos como a microscopia electrónica de varrimento e a microanálise com sonda electrónica. As principais diferenças encontradas na composição foram nas concentrações de Al_2O_3 , MgO e FeO (90, 150). Encontraram que o MTA Branco apresenta 54,9% menos de Al_2O_3 , 56,5% menos de MgO e 90,8% menos de FeO que o MTA Cinzento (150). Hwang e cols. também encontraram pouca quantidade de iões de ferro na composição do MTA Branco (113).

Alguns autores consideram que a redução de FeO é a causa mais provável de que o MTA Branco não produza modificações de cor (150), enquanto outros consideram que a menor presença de partículas de Magnésio poderia também contribuir nesta propriedade sobre a cor do MTA Branco (90).

O MTA Branco também demonstrou apresentar um tamanho médio de partículas mais pequeno que o MTA Cinzento (93, 109, 152).

B. Diferenças nas propriedades

Comparando a expansão que ocorre durante o processo de endurecimento do MTA Cinzento com a do MTA Branco, Storm e cols. obtiveram nos seus resultados que, 24 horas depois de imergir em água, o MTA Cinzento apresentou uma expansão media de 1,02% enquanto o MTA Branco apresentou uma expansão media de 0,08%, demonstrando uma expansão significativamente maior por parte do MTA Cinzento (123).

Avaliando a eficácia antibacteriana do MTA Cinzento frente à do MTA Branco, AL-Hezaimi e cols. concluíram que os dois tipos de MTA apresentam diferentes padrões de inibição do crescimento bacteriano: o MTA Cinzento necessita menores concentrações que o MTA Branco para exercer o mesmo efeito antimicrobiano frente a certos microrganismos (149).

Num estudo onde comparavam a capacidade do MTA Cinzento e Branco frente à *Candida Albicans* encontraram que ambos os tipos de MTA, em concentrações de 50 e 25mg/ml, inibiam igualmente este fungo até 7 dias. No entanto, a menores concentrações, unicamente o MTA Cinzento foi efectivo (153). Isto coloca em evidência não só a importância de uma correcta proporção pó/líquido, como também levanta possíveis questões sobre a eventualidade de que o MTA Cinzento e o Branco não apresentem a mesma eficácia em aplicações clínicas (153).

Al-Hezaimi e cols. compararam *in vitro* a actividade antibacteriana do MTA Branco e do MTA Cinzento frente a *Enterococcus faecalis* e *Streptococcus sanguis*. Compararam o crescimento destas bactérias em tubos de diluição com 50, 25, 12.5 mg/ml de MTA Cinzento com outros com iguais concentrações de MTA Branco e não obtiveram crescimento de nenhuma destas bactérias em nenhum dos tubos. No entanto,

encontraram diferenças significativas entre tubos contendo MTA a concentrações de 6,25 e 3,12 mg/ml, concluindo que são necessárias menores concentrações de MTA Cinzento que de MTA Branco para exercer o mesmo efeito antibacteriano frente a cada um dos microrganismos estudados (143).

Num estudo, também de Al-Hezaimi e cols, foi avaliado o efeito do MTA Branco a diferentes concentrações (de 0,78 mg/ml a 50mg/ml) sobre a *Candida albicans*, *in vitro*. Os resultados demonstraram que existe uma correlação directa entre a concentração de MTA Branco e o seu efeito inibitório de crescimento de *Candida albicans*. A concentração de MTA Branco que demonstrou uma maior acção inibitória frente a este patógeno foi de 50 mg/ml (154).

Comparando a actividade antifúngica do MTA Cinzento com a do MTA Branco frente a *Candida albicans*, Mohammadi e cols. concluíram que ambos são efectivos frente a *Candida albicans*, dado que observaram que não ocorreu crescimento deste fungo em presença de MTA recém preparado ao incubá-lo a 37 graus durante uma hora, nem de MTA endurecido ao incubá-lo também a 37 graus durante 72 horas (155).

O MTA Branco demonstrou propriedades antibacterianas semelhantes às do óxido de zinco-eugenol frente a *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis* e *Pseudomonas aeruginosa* numa prova de contacto directo, num estudo de Eldeniz e cols. (144).

Por outro lado, substituindo a água estéril por uma solução de 0,12% de gluconato de clorhexidina, promove-se uma actividade antibacteriana mais elevada frente a *Actinomyces odontolyticus*, *Fusobacterium nucleatum*, *Streptococcus sanguis*, *E. faecalis*, *Escherichia coli*, *S. aureus*, *P. Aeruginosa* e *Candida albicans* (156). Estes resultados devem ser interpretados à luz do conhecimento de que pode ser que não

ocorra o endurecimento do MTA, Branco ou Cinzento, quando este se mistura com preparações de clorhexidina (117).

2.4.4. Compostos semelhantes ao MTA ProRoot®

Alguns autores compararam o MTA ProRoot® com o MTA-Angelus® e com o cimento Portland.

Ao comparar estes três materiais enquanto à sua composição, Oliveira e cols. encontraram pequenas variações nas percentagens dos elementos químicos constituintes destes cimentos, aparte do bismuto que se encontrava presente unicamente nas composições de MTA. Apesar das semelhanças químicas, os autores observaram diferenças na textura e nas partículas dos materiais avaliados (157).

Noutro estudo em que comparavam o cimento Portland, o MTA Cinzento ProRoot®, o MTA Branco ProRoot® e o MTA Cinzento Angelus® enquanto à sua composição química foi demonstrado que, ao contrário dos cimentos MTA, o cimento Portland não continha iões de bismuto na sua composição, mas continha iões de potássio ao contrário dos outros cimentos. Os cimentos de MTA Cinzento continham uma quantidade significativa de ferro, quando eram comparados com os cimentos de MTA Branco. Além disso, o MTA-Angelus® apresentou uma menor quantidade de óxido de bismuto no seu conteúdo que o MTA-ProRoot® (158).

Um estudo comparando o MTA-ProRoot® Branco com o cimento Portland Branco demonstrou que os dois apresentam uma composição semelhante excepto que o MTA possui óxido de bismuto (159).

Comparando as propriedades do MTA com as de cimentos semelhantes ao agregado trióxido mineral preparados com SiO_2 , CaO e Al_2O_3 como matriz e com ZnO , MgO e Fe_2O_3 como aditivos, Chia-Tze e cols. concluíram que os cimentos semelhantes ao MTA demonstraram um tempo de endurecimento significativamente mais rápido que o MTA-ProRoot[®] (menos de 14 minutos) apesar de que ocorreu uma diminuição significativa da resistência à tracção, variando entre 0,9 e 3,1 MPa em comparação com o MTA (4,4 MPa). Os aditivos ZnO , MgO e Fe_2O_3 conferiram ao cimento semelhante ao MTA uma maior resistência que a dos cimentos semelhantes ao MTA sem aditivos. Tal como o MTA-ProRoot[®], os cimentos semelhantes ao MTA apresentaram uma variação do pH de 11 inicialmente, a 13 depois de endurecidos (160).

Noutro estudo em que avaliavam os valores de pH dos cimentos MTA Branco Angelus[®], MTA Cinzento Angelus[®] e MTA ProRoot[®], o MTA Cinzento Angelus[®] foi o que apresentou valores de pH mais elevados (108).

Santos e cols. realizaram um estudo com MTA-Angelus[®] em que avaliaram, entre outras características, o pH deste material. Observaram que, nas primeiras 24 horas depois da mistura do MTA, ocorre um aumento significativo do pH (161), característica já observada noutras marcas de MTA.

Os mesmos autores avaliaram o tempo de endurecimento do MTA-Angelus[®] obtendo um tempo médio de endurecimento de 14,28 minutos (162), sendo o tempo de endurecimento do MTA-ProRoot[®] de 2 a 4 horas (90, 91, 96).

Para avaliar a radiopacidade dos cimentos MTA-Angelus[®] Cinzento e Branco, Tanomaru e cols. realizaram um estudo comparativo entre estes dois cimentos de MTA e o IRM[®], o SuperEba[®] e o Sealer 26[®]. Todos os materiais avaliados apresentaram

diferentes radiopacidades, tendo sido o MTA-Angelus[®], Cinzento ou Branco, e o SuperEba[®] os materiais menos radiopacos (163).

Cepowicz e cols. compararam a actividade antibacteriana do MTA Branco ProRoot[®] com a do MTA-Angelus[®] frente a *Streptococcus* e concluíram que o MTA da marca ProRoot[®] apresentou uma inibição ligeiramente mais acentuada que o da marca Angelus[®] frente ao *Streptococcus salivarius* e *Streptococcus sanguis*. Quanto ao *Streptococcus mutans*, as duas marcas demonstraram um efeito semelhante (138).

A solubilidade, dureza e radiopacidade do MTA Branco ProRoot[®] foram comparadas com dois cimentos Portland, demonstrando que o MTA é significativamente menos solúvel, exibe uma dureza Vickers consideravelmente mais alta e é mais radiopaco (164).

2.4.5. Aplicações do MTA

Foi demonstrada a utilidade das aplicações clínicas do MTA tanto em dentição permanente, vital ou não vital, como em dentição decídua.

Este material foi utilizado em pulpotomias de dentes temporários. Em dentes permanentes vitais foi utilizado como material para protecção pulpar directa e em não vitais foi utilizado em tratamentos de apicoformação, para reparação de perfurações radiculares e de furca, em casos de reabsorções radiculares, obturações à retro em cirurgia periapical, como material de obturação radicular e como barreira aos agentes de branqueamento interno (13, 57, 107, 135, 165-177).

De todas estas aplicações destacamos, em razão do presente trabalho, a utilização do preparado em pulpotomias. Por isso, analisaremos separadamente os trabalhos referidos à utilização do MTA em pulpotomias, primeiro em animais de experimentação usadas em laboratório e analisaremos separadamente, mais adiante, os estudos clínicos publicados sobre as pulpotomias realizadas na dentição decídua.

2.4.6. Aplicação do MTA em pulpotomias em animais de experimentação

Em 2003, Salako e cols. (178) publicaram um estudo em animais de experimentação no qual compararam as modificações histológicas provocadas pela utilização de agregado trióxido mineral (MTA), vitrocerâmica de superfície activa, sulfato férrico e formocresol em pulpotomias de molares de ratos *Sprague Dawley*. O grupo de molares nos quais se realizaram pulpotomias com MTA estava constituído por 20 primeiros molares maxilares. Em 10 deles realizaram à análise histológica sob microscopia de feixe de luz 2 semanas depois do tratamento e nos 10 restantes esta avaliação foi realizada 4 semanas depois.

O exame histológico realizado 2 semanas depois do tratamento mostrou a formação de material calcificado apical às zonas de pulpotomia, o que os autores consideraram uma tentativa de formação de uma ponte. A camada de odontoblastos encontrava-se intacta. Num molar observaram a presença de alguns macrófagos na polpa radicular e observaram células de inflamação aguda à volta do MTA noutra molar. Na zona apical das raízes observaram um aumento na formação de cimento. No entanto, num molar observaram uma pequena área de reabsorção do cimento.

Quatro semanas depois os autores registaram a formação de pontes dentinarias completas em todos os molares, com uma histologia pulpar normal. Os outros grupos de molares tratados com vitrocerâmica de superfície activa, sulfato férrico ou formocresol exibiram com muito maior frequência a presença de células inflamatórias, tecido necrótico e destruição da camada odontoblástica.

Os autores concluíram que, dos materiais estudados, o MTA foi o que demonstrou um desempenho ideal como agente de pulpotomias, provocando a formação de pontes dentinarias e mantendo simultaneamente uma polpa histologicamente normal (178).

Recentemente realizaram-se vários estudos com o objectivo de melhorar as características físico-químicas do MTA adicionando diversos aditivos e assim melhorar deficiências clínicas deste material. O cloreto de cálcio (CaCl_2) é um acelerador que foi adicionado ao MTA para melhorar a sua capacidade de selamento, aumentar a libertação de iões de cálcio e para manter um pH elevado. Neste sentido, Bortoluzzi e cols. realizaram um estudo em que avaliaram a reacção dos tecidos pulpaes à utilização de MTA com e sem CaCl_2 em pulpotomias em dentes de cães de experimentação (179). Os autores realizaram pulpotomias com MTA em 12 dentes e pulpotomias com MTA com 10% CaCl_2 em outros 12 dentes. Sobre o material colocaram uma camada de ionómero de vidro e realizaram as restaurações dos dentes com amálgama. Os tratamentos foram realizados sob anestesia geral e 90 dias depois os animais foram sacrificados. Então foi realizada a avaliação histológica dos molares para avaliar a presença e qualidade das pontes de tecido duro assim como as manifestações de reacção inflamatória.

Foi possível observar a formação de uma fina barreira de tecido mineralizado bem definida e que se tinha preservado a vitalidade do tecido pulpar em todos os dentes do estudo. Encontraram resultados semelhantes entre o MTA com e sem o cloreto de cálcio concluindo que a adição de cloreto de cálcio não modifica as propriedades biológicas do MTA relacionadas com a formação da barreira mineralizada após tratamentos de pulpotomia (179).

Karami e cols. avaliaram clínica, radiológica e histologicamente o efeito de 3 medicamentos, o ácido tricloroacético (TCA), o formocresol e o MTA, em 162 pré-molares de cães nos quais tinham realizado tratamento de pulpotomia. Os diferentes grupos de cães foram sacrificados 48 horas, 2, 4 e 8 semanas depois. A avaliação histológica não indicou casos de necrose. Às 8 semanas de seguimento, foi evidente a formação de pontes dentinarias em 20% dos casos tratados com formocresol, em 50% dos casos tratados com TCA e em 91,7% dos casos tratados com MTA. O primeiro sinal de formação de ponte dentinaria foi observado 2 semanas depois no caso do MTA e 4 semanas depois no caso do TCA. Os autores concluíram que o MTA foi superior ao formocresol e ao TCA no tratamento de pulpotomia de pré-molares de cães (180).

Para avaliar a efectividade de alguns agentes antibacterianos e do MTA na cura de polpas dentárias, Cannon e cols. (145) realizaram um estudo em polpas dentárias de macacos (*Cebus opella*) contaminadas com bactérias. Para a contaminação, efectuavam o contacto da polpa com uma bola de algodão impregnada com uma mistura de bactérias das que se podem encontrar normalmente na cavidade bucal.

Uma vez efectuado o contacto do algodão impregnado em bactérias com a polpa durante 30 minutos, os dentes foram divididos em 4 grupos de 12 dentes cada um, conforme os produtos a utilizar. Num dos grupos aplicaram solução salina Cipo HC

Otic solution[®], noutro grupo aplicaram formocresol, noutro aplicaram a solução óptica Otosporin[®], e o restante grupo foi o grupo controlo. Nos dentes tratados com as soluções ópticas foi aplicada uma camada de MTA, enquanto nos dentes tratados com formocresol ou nos dentes do grupo controlo foi aplicada uma camada de óxido de zinco-eugenol. Todos os dentes foram posteriormente obturados com cimento Fuji II LC[®].

As amostras de tecido pulpar para a análise histológica foram obtidas nos 2 dias seguintes, uma semana depois e uma vez por semana durante as 4 semanas seguintes.

A avaliação histológica demonstrou a presença de um infiltrado de neutrófilos e áreas de hemorragia com hiperemia. A profundidade a que se encontrava o infiltrado de neutrófilos dependia do material que tinham utilizado. Assim, os tecidos pulpare tratados com as suspensões ópticas demonstraram significativamente menos inflamação do que as do grupo controlo ou do grupo tratado com formocresol. Além disso, o grupo tratado com MTA exibiu pontes dentinarias mais organizadas do que nos grupos controlo e óxido de zinco-eugenol. Os autores concluíram que o MTA e as suspensões ópticas são efectivos no tratamento de polpas infectadas com bactérias e estimulam a produção de uma ponte de tecido duro sobre a zona de polpa exposta (145).

Também de Souza Costa e cols. realizaram um estudo *in vivo* em dentes de cães nos quais, 60 dias depois de ter realizado tratamentos de pulpotomia com MTA ou com hidróxido de cálcio, avaliaram a resposta pulpar a estes dois medicamentos. Nos resultados publicados pelos autores pode-se observar que ambos os grupos do estudo apresentaram a deposição de uma matriz de dentina tubular sobre os remanescentes pulpare e uma resposta inflamatória nula ou mínima em ambos os grupos. Deste modo, a resposta pulpar presente nos dois grupos não diferiu estatisticamente. No entanto, os

dentes tratados com hidróxido de cálcio demonstraram uma maior perda de polpa sã, o que puderam comprovar pela forma convexa da barreira de tecido duro.

Simultaneamente, os autores realizaram um estudo *in vitro* no qual aplicaram ambos os materiais, MTA e hidróxido de cálcio, sobre uma cultura de células semelhantes a odontoblastos MDPC-23. Neste estudo demonstraram que o MTA e o hidróxido de cálcio diminuíram a actividade metabólica celular em 9,9% e 29,4%, respectivamente.

Os autores concluíram que o hidróxido de cálcio provocou efeitos citotóxicos mais elevados nas células MDPC-23 assim como perda de tecido pulpar saudável mais profundamente que o MTA. No entanto, ocorreu uma sequência semelhante de cura pós tratamento de pulpotomia com ambos materiais (181).

2.4.7. Estudos clínicos do MTA em pulpotomias de molares temporários

Na literatura científica, o primeiro artigo clínico referido à utilização de MTA em dentes temporários humanos foi publicado no ano 2001 por Eidelman e cols. (182). Os autores analisaram clínica e radiograficamente os efeitos do MTA como agente terapêutico em pulpotomias de molares temporários, comparando-os com os do formocresol nestes tratamentos. Para isso, os autores escolheram 32 molares de 26 crianças e dividiram-nos em dois grupos: 17 casos foram tratados com MTA e 15 com formocresol. As revisões realizaram-se a cabo cada 6 meses. Estudaram-se os resultados dos tratamentos com MTA de 9 molares estudados durante 6 a 12 meses, de 3 molares estudados durante 13 a 18 meses, de 4 estudados durante 19 a 24 meses e de um deles estudado durante 25 meses. Relativamente aos resultados clínicos e radiográficos,

nenhum dos dentes tratados com MTA mostrou sinais de patologia, enquanto um dos molares em que se realizou a técnica de pulpotomia convencional com formocresol fracassou por reabsorção interna aos 17 meses de estudo. Os dados radiológicos mostraram, além do mais, a obliteração dos canais pulparem em 41% dos molares do grupo obturado com MTA e em 13% do grupo controlo, observando-se estes achados num tempo médio de estudo de 12 meses. Também se detectaram, segundo os investigadores, pontes dentinarias a nível da zona de amputação da polpa da câmara pulpar. Os autores consideraram estes achados positivos, pois aceitam que, tanto a obliteração dos canais como a formação de pontes dentinarias, mostram a vitalidade da polpa radicular e a capacidade do MTA, já demonstrada noutros estudos anteriores, de estimular a formação de tecidos duros. Os investigadores concluíram que, segundo os dados obtidos, o MTA poderia ser um substituto aceitável do formocresol para pulpotomias de dentes temporários. No entanto, consideraram também que seriam necessários mais estudos com mais tempo de seguimento para confirmar os resultados obtidos (182).

Na Universidade Complutense de Madrid defende-se em 2003 a Tese de Doutoramento realizada pela Dra. M. Maroto “Estudo clínico del Agregado Trióxido Mineral (MTA) en pulpotomias de molares temporários” dentro de uma das linhas de investigação desenvolvidas no “Programa de Atención Odontológica a Pacientes en Edad Infantil” dirigido pela Profa. Dra. Elena Barbería. Os resultados da Tese e do trabalho da mencionada equipa, à qual posteriormente me pude incorporar, deram lugar a múltiplas publicações (11, 12, 13, 31, 33, 183, 184).

Assim, em 2004 publicam o primeiro artigo correspondente a investigadores espanhóis com os resultados clínicos de pulpotomias em dentes temporários humanos tratados com MTA e com um seguimento clínico e radiológico de 15 meses (33).

Em publicações posteriores Maroto e cols. (12) tornaram públicos os resultados da utilização do MTA Cinzento em pulpotomias de molares e caninos temporários, com particular interesse na formação de pontes dentinarias. A amostra esteve constituída por 20 molares, 7 superiores e 13 inferiores e por 2 caninos superiores. As pulpotomias foram realizadas com isolamento com dique de borracha e a eliminação do tecido cariado foi efectuada com uma broca redonda grande a baixa velocidade. O tecto da câmara pulpar foi eliminado com uma broca a alta velocidade. O controlo da hemorragia pulpar foi obtido realizando uma ligeira pressão com uma bola de algodão estéril. Em seguida os autores aplicaram a mistura de MTA sobre a polpa remanescente realizando pressão com uma bola de algodão impregnada com água esterilizada. Uma vez colocado o MTA, o resto da cavidade pulpar foi preenchida com um cimento de ionómero de vidro (Vitrebond[®]). Por último, procederam à cimentação de uma coroa metálica pré-formada nos molares e a uma obturação com compósito nos caninos.

As avaliações periódicas de seguimento foram realizadas 3 e 6 meses depois através de um exame clínico e radiográfico de cada dente tratado assim como da zona perirradicular.

Neste estudo não foram identificados sinais de fracasso clínico nem radiográfico em nenhuma fase do seguimento. Na análise radiográfica os autores detectaram a presença de estenose radicular em 12 dos 20 molares tratados. Além disso, observaram a formação de pontes dentinarias em 11 dos 20 molares e nos 2 caninos tratados. Os autores referem também que, na revisão dos 6 meses, observaram uma alteração da cor dos dois caninos, situação impossível de observar nos molares já que estavam recobertos por uma coroa metálica pré-formada (12).

Estes autores realizaram outra investigação semelhante à descrita anteriormente utilizando MTA Branco e comparando os resultados obtidos com os dois tipos de MTA (11, 13). Neste caso a amostra esteve formada por 23 molares temporários, 10 superiores e 13 inferiores. Após a realização das pulpotomias, seguindo os mesmos procedimentos que no caso do MTA Cinzento, também foram adaptadas coroas metálicas pré-formadas em todos os molares.

Na revisão efectuada 6 meses depois do tratamento nenhum molar apresentou sinais clínicos nem radiográficos de fracasso. Na exploração radiográfica os autores detectaram a presença de dentina reparadora em alguns dos molares tratados.

Para permitir uma correcta determinação do número de pontes dentinarias formadas assim como de presença de estenose, os autores consideraram unicamente os molares mandibulares já que a imagem radiográfica das 3 raízes dos molares superiores poderia interferir nos resultados. Assim, detectaram a presença de estenose em 69,23% dos canais pulpares dos molares inferiores 6 meses depois do tratamento com MTA Branco. Comparando este resultado com o resultado obtido pelos mesmos investigadores no estudo com MTA Cinzento, não existiram diferenças significativas em quanto à percentagem de estenose verificada num e noutro estudo. A presença de pontes dentinarias foi observada em 11,5% dos molares. Neste caso já se demonstrou uma diferença estatisticamente significativa entre os molares tratados com MTA Cinzento e MTA Branco. Os autores afirmam que, em função destes resultados, parece que o MTA Branco induz a formação de dentina nos canais pulpares do mesmo modo que o MTA Cinzento, mas o contacto directo com o tecido pulpar na zona de amputação não estimula a formação de pontes dentinarias com a mesma intensidade que o MTA Cinzento. Isto poderia dever-se a diferenças na composição dos dois tipos de MTA (11, 13).

Simultaneamente, outros grupos investigadores obtiveram e publicaram resultados correspondentes a molares temporários. Agamy e cols. (185) compararam os resultados obtidos, com a utilização deste material em pulpotomias, com os obtidos com a utilização de formocresol. Os autores procederam à análise clínica, radiográfica e histológica para comparar o êxito relativo do MTA Cinzento, MTA Branco e formocresol como material de tratamento em pulpotomias de dentes temporários. Os dentes seleccionados para a avaliação clínica e radiográfica foram monitorizados periodicamente durante 12 meses. Os dentes seleccionados para estudo histológico foram avaliados periodicamente e extraídos 6 meses depois do tratamento. Dos 60 dentes avaliados, 1 dente tratado com MTA Cinzento esfoliou fisiologicamente e 6 dentes (4 tratados com MTA Branco e 2 com formocresol) fracassaram devido a abscessos. Os restantes 53 dentes permaneceram sãos clínica e radiograficamente durante os 12 meses de seguimento. Os autores também observaram a obliteração radicular em 11 dentes tratados com MTA Cinzento e num dente tratado com MTA Branco. No estudo histológico, ambos os tipos de MTA induziram a formação de pontes dentinarias na zona de amputação pulpar, enquanto o formocresol induziu a formação de uma fina capa de dentina pobremente calcificada.

Numa avaliação a longo prazo de pulpotomias em molares temporários, Holan, Eidelman e Fuks (186) estudaram os efeitos da utilização do agregado trióxido mineral em 33 molares temporários com exposição pulpar por cárie e procederam à comparação destes molares com 29 molares temporários nos quais se tinha realizado pulpotomia aplicando formocresol. Todos os molares foram tratados com isolamento com dique de borracha. O tecido cariado e o tecto da câmara pulpar foram eliminados com uma broca 330 a alta velocidade e, uma vez eliminada a polpa camarária com uma broca redonda, procederam à colocação sobre os remanescentes pulpares, no grupo experimental, de

pasta de MTA obtida pela mistura do pó de MTA com uma solução salina estéril numa proporção 3:1. Em seguida colocaram uma camada de IRM[®]. No grupo controlo colocaram nos remanescentes pulpaes uma bola de algodão impregnada com formocresol, durante 5 minutos e preencheram a câmara com uma pasta de óxido de zinco-eugenol e uma camada de IRM. As coroas de todos os molares foram recobertas com uma coroa metálica pré-formada excepto em 8 molares dos quais um foi restaurado com compósito e os outros 7 com amálgama. Os pacientes foram revistos clínica e radiograficamente cada 6 meses. O tempo de seguimento de todos os molares em ambos os grupos apresentou uma variação entre 4 e 74 meses, com uma média de 38,2 meses.

Os autores registaram o fracasso de 6 molares, 1 tratado com MTA e 5 tratados com formocresol, num período médio de 16 meses. Todos os molares fracassados tinham sido restaurados com coroas metálicas pré-formadas. Vinte e nove molares tratados com êxito foram seguidos até à sua esfoliação fisiológica e os restantes 27 molares tratados com êxito foram seguidos por um período médio de 49 meses, sem apresentar diferenças entre os dois grupos de estudo. Neste estudo a taxa de êxito obtida para os tratamentos realizados foi de 90%: o êxito com a utilização de MTA foi de 97% e o êxito com a utilização de formocresol foi de 83%, sem que existissem diferenças estatisticamente significativas entre os dois grupos.

Através das avaliações radiográficas os autores registaram que o achado mais frequente foi a obliteração dos canais radiculares, que se apresentou em 55% de todos os molares: 58% no grupo MTA e 52% no grupo formocresol, sem diferenças significativas entre os dois grupos. A obliteração radicular foi encontrada num período médio de 22 meses, de 7 a 46 meses, depois do tratamento.

A presença de reabsorções radiculares internas foi observada em 8 molares: 6 molares tratados com formocresol e 2 molares tratados com MTA. Em 4 destes molares, 2 de cada grupo, a reabsorção interna deteve-se e o tecido pulpar foi substituído por tecido calcificado, mantendo-se o dente clinicamente assintomático. Estes molares não foram considerados pelos autores como fracassos. Nos 4 restantes molares do grupo do formocresol, a reabsorção radicular interna encontrou-se associada a defeitos radiolúcidos periapicais e/ou inter-radiculares e reabsorção radicular externa inflamatória levando à necessidade de proceder à extracção dentária. Na revisão dos 12 meses outros 2 molares, um de cada grupo, apresentaram radiolucidez periapical e inter-radicular associada a sinais clínicos de abcesso.

Em quanto à formação de pontes dentinarias, os autores registaram a formação de uma ponte dentinaria num primeiro molar temporário tratado com MTA.

Como conclusão os autores afirmam que o MTA demonstrou uma taxa de êxito clínico e radiográfico a longo prazo superior à do formocresol, sem que fosse estatisticamente significativa e afirmam que este material se pode recomendar como substituto ao formocresol, já que não induz respostas indesejadas (186).

Os resultados obtidos com a utilização de MTA em pulpotomias foram comparados diversas vezes com os resultados obtidos com a utilização de outros materiais. Por exemplo Naik e Hedge (172) publicaram em 2005 um artigo científico no qual realizaram o seguimento durante 6 meses de 25 molares temporários com tratamento de pulpotomia com MTA e cujos resultados foram comparados com os resultados obtidos para um grupo controlo de 25 molares tratados com formocresol. Uma vez que os dentes se encontravam anestesiados e isolados com dique de borracha, eliminavam a cárie e obtinham acesso coronário com uma broca a alta velocidade e com

irrigação. A remoção da polpa camarária era realizada com um escavador de dentina. No grupo experimental colocaram sobre os remanescentes pulparez uma mistura de pó de MTA com água numa proporção de 3:1 e uma camada de óxido de zinco-eugenol por cima. No grupo controle colocaram uma bola de algodão ligeiramente humedecida em formocresol durante 5 minutos. Em seguida preencheram a câmara pulpar com óxido de zinco-eugenol. Dos 50 molares incorporados no estudo, 3 não voltaram a revisão. Nas consultas de seguimento 1, 3 e 6 meses depois os autores não encontraram sinais clínicos nem radiológicos patológicos nos restantes 47 molares. Devido ao êxito do tratamento os autores não procederam a nenhuma análise estatística da amostra. Referem que o único achado significativo foi a alteração de cor de 15 molares tratados com MTA 24 horas depois do tratamento, situação posteriormente mascarada pela colocação de uma coroa metálica pré-formada. Neste estudo os autores não observaram obliterações radiculares e apontam como possível justificação a curta duração do seguimento. Também não registaram a existência de pontes dentinarias (172).

Também Farsi e cols. realizaram uma comparação clínica e radiográfica entre os resultados obtidos em pulpotomias de molares temporários com MTA e com formocresol (187). A amostra deste estudo esteve constituída por 120 molares temporários, todos tratados com a mesma técnica convencional de pulpotomia. Em 60 molares aplicaram formocresol e nos outros 60 aplicaram MTA. Os pacientes foram chamados para revisão cada 6 meses durante 2 anos.

Dos 120 molares incorporados no estudo só 74 foram seguidos clínica e radiograficamente durante o período do estudo. Ao fim de 12 meses de seguimento os autores não registaram nenhum sinal clínico nem radiográfico de patologia em nenhum dos 2 grupos. Aos 18 meses, no grupo tratado com formocresol foram registados sinais de patologia radiográfica em 4 molares, sem que existissem sintomas clínicos de

fracasso. Além disso, 3 molares apresentaram sinais radiológicos de reabsorção radicular interna e 1 molar exibiu afectação da furca. No grupo tratado com MTA não encontraram evidências clínicas nem radiográficas de patologia. No entanto, as diferenças entre os dois grupos não foram estatisticamente significativas.

Na revisão 24 meses depois do tratamento, no grupo tratado com formocresol foram encontrados 5 molares com patologia da polpa radicular, em que unicamente num caso foi referida dor. Todos os casos de fracasso descritos apresentaram reabsorção radicular interna e em 2 destes a furca estava também envolvida. Por outro lado, todos os 38 molares tratados com MTA apresentaram êxito clínico e radiográfico. A obliteração radicular foi o achado radiográfico mais frequentemente encontrado presente em 7,9% destes molares.

A diferença significativa entre os dois grupos aos 24 meses de seguimento foi evidente relativamente aos sinais radiográficos de patologia. Os autores concluíram que este estudo demonstrou que o tratamento de pulpotomia com MTA é um procedimento de êxito clínica e radiograficamente (187).

Para avaliar a resposta pulpar produzida pelo MTA quando é utilizado em pulpotomias, Caceido e cols. realizaram uma investigação na qual procederam ao tratamento de pulpotomia com MTA em 11 molares temporários que seriam extraídos 6 meses depois do tratamento e que se avaliariam histologicamente (188).

A técnica utilizada para remoção de cárie e preparação da polpa da câmara pulpar foi semelhante à técnica descrita nos estudos anteriores. Para alcançar o controlo da hemorragia, os autores aplicaram uma bola de algodão estéril humedecida em água destilada que foi posteriormente selada dentro da cavidade pulpar por um período de 8 dias para permitir a reacção de endurecimento do MTA. Para alcançar este selamento os

autores aplicaram Prime & Bond NT[®] (Dentply/Caulk, Milford, Delaware, USA) e em seguida aplicaram Dyract Flow[®] (Dentply/Caulk, Milford, Delaware, USA). As margens superficiais da cavidade foram gravadas com ácido ortofosfórico a 34% seguido de uma aplicação de Prime & Bond[®] e, posteriormente, Surefil[®] (Dentply/Caulk, Milford, Delaware, USA).

Passados 8 dias os autores removeram o conteúdo da câmara pulpar e comprovaram que a reacção de endurecimento do MTA estava completa. A cavidade foi preenchida uma vez mais com uma camada de Dyract Flow[®] e Sure Fil[®] como obturação final.

As consultas de seguimento foram realizadas uma vez por mês até à data de extracção, 6 meses depois do tratamento.

Nos resultados referidos neste artigo científico pode-se observar que nas avaliações radiográficas de controlo posteriores ao tratamento, nenhum molar apresentou imagens radiográficas de fracasso.

Na análise histológica, 4 molares apresentaram calcificações intrapulpares, em 7 molares observaram pontes dentinarias e registaram a presença de reabsorções internas em 4 molares. Foi evidente a formação de cimento em 4 molares. Cinco molares apresentaram uma severa infiltração de exsudado inflamatório, num molar a presença de exsudado foi moderada, noutra molar foi ligeira e 2 molares não apresentaram inflamação alguma.

Em relação ao estado da polpa dentária, os autores verificaram que a polpa se apresentava normal num molar, inflamada em 7 molares e necrótica em 2 molares.

Os autores concluíram no seu estudo que o MTA pode ser uma boa alternativa para os tratamentos de pulpotomia dado que, apesar de terem detectado uma grande variedade de respostas histológicas, os achados clínicos e radiográficos foram geralmente favoráveis (188).

Outra comparação entre os resultados obtidos com a aplicação de MTA ou formocresol em pulpotomias de molares temporários foi realizada por Aeinehchi e cols. que realizaram pulpotomias em 100 molares temporários, 43 molares com MTA e 57 molares com formocresol. Na revisão dos 3 meses os autores não observaram sinais clínicos de fracasso em nenhum molar dos dois grupos, mas radiograficamente observaram uma reabsorção radicular num molar tratado com formocresol, sem que existissem diferenças estatisticamente significativas entre os dois grupos. Aos 6 meses também não observaram sinais clínicos de fracasso. No entanto, em 6 dos 57 molares tratados com formocresol observaram a presença de reabsorções radiculares. Nesta observação, as diferenças encontradas entre os dois grupos foram estatisticamente significativas.

Os autores concluíram que 6 meses depois, os tratamentos de pulpotomia com MTA se associaram com menos casos de reabsorções radiculares, afirmando que este material pode ser uma boa alternativa para as pulpotomias de dentes temporários (189).

Moretti e cols. descreveram em 2007 um caso clínico de aplicação de MTA numa pulpotomia dum segundo molar temporário num paciente de 7 anos que apresentava agenesia do sucessor permanente. Os autores aplicaram uma camada de 2mm de MTA-Angelus[®] sobre os remanescentes pulpares e restauraram o dente com cimento de ionómero de vidro. Realizaram consultas de seguimento 12 e 24 meses depois do tratamento nas que procederam a uma avaliação clínica e radiológica do

molar e da zona perirradicular. As provas de vitalidade que realizaram demonstraram que o tratamento tinha tido êxito na preservação da vitalidade da polpa remanescente (190).

O mesmo grupo de investigadores publicou em 2008 um estudo clínico no qual avaliaram e compararam a efectividade do MTA e do hidróxido de cálcio com a efectividade do formocresol em pulpotomias de dentes temporários (191). Uma vez realizada a pulpotomia os dentes eram restaurados com uma base de cimento de óxido de zinco-eugenol reforçado e cimento de ionómero de vidro. No total realizaram 45 pulpotomias, 15 em cada grupo de estudo, 43 das quais voltaram às revisões 3, 6, 12, 18 e 24 meses depois do tratamento. Os grupos tratados com formocresol e MTA apresentaram um êxito clínico e radiográfico de 100% em todas as consultas de revisão. No grupo do hidróxido de cálcio detectaram reabsorções radiculares internas em 5 molares na revisão dos 3 meses. Aos 6 meses do tratamento 6 molares apresentaram evidência radiográfica de fracasso incluindo reabsorções internas, destruição do osso interradicular e radiolucidez na zona da furca. Além disso, 2 destes molares apresentaram mobilidade, edema e fístula, o que produziu a necessidade de proceder à sua extracção. Na revisão realizada 12 meses depois do tratamento os autores observaram clínica e radiograficamente 4 fracassos. Em relação à presença de reabsorções internas, observaram uma diferença estatisticamente significativa entre as pulpotomias realizadas com hidróxido de cálcio ou com um dos outros dois materiais. Além disso, no grupo tratado com formocresol, não observaram a formação de nenhuma ponte dentinaria. No entanto, nos grupos de MTA e hidróxido de cálcio, as pontes foram observadas 6 meses depois da realização do tratamento (191).

Noorollahian também realizou um estudo comparando o MTA Branco com o formocresol em pulpotomias de segundos molares temporários (192). Realizou

pulpotomias em 60 molares inferiores temporários: 30 molares foram tratados com MTA e os outros 30 foram tratados com formocresol. Seis meses depois foram revistos 56 molares, apresentando todos eles êxito clínico e radiográfico. Aos 12 meses foram examinados clínica e radiologicamente 53 molares. Todos os molares tratados com formocresol apresentaram êxito clínico e radiográfico. No grupo dos molares tratados com MTA também foi observado êxito clínico em todos os molares mas radiologicamente foi observado um fracasso. Na avaliação realizada aos 24 meses foram examinados 36 molares. Uma vez mais, o grupo de molares tratados com formocresol apresentou uma taxa de êxito clínico e radiográfico de 100%. No grupo do MTA, apesar de que todos os molares apresentaram êxito clínico, foi observado radiologicamente um caso mais de fracasso.

Neste estudo, o autor observou a presença de obliteração dos canais pulpares num molar tratado com MTA e em 4 molares tratados com formocresol, detectada 12 meses depois da realização do tratamento.

O autor conclui que, em base aos resultados obtidos, o MTA pode ser utilizado como substituto ao formocresol em pulpotomias de molares temporários (192).

Além de comparar o MTA com o formocresol na sua aplicação em pulpotomias de molares temporários, os cientistas também procederam às mesmas comparações com outros materiais. Nesta linha, Sonmez e cols. realizaram um estudo de investigação sobre a utilização do MTA em pulpotomias de molares temporários, comparando os resultados obtidos com este material com os obtidos com a utilização de formocresol, sulfato férrico e hidróxido de cálcio (193). Neste sentido realizaram pulpotomias em 80 molares nos quais se tinha produzido exposição pulpar no processo de remoção de cárie e que foram aleatoriamente atribuídos a um grupo de estudo. Os molares nos quais

aplicaram formocresol, sulfato férrico ou hidróxido de cálcio foram restaurados com amálgama na mesma sessão. Nos molares do grupo do MTA as obturações finais foram realizadas numa segunda sessão, um dia depois, na qual aplicaram uma bola de algodão húmida na câmara pulpar antes de realizar a obturação final com óxido de zinco reforçado.

As consultas de seguimento para a revisão clínica e radiográfica foram realizadas cada 6 meses durante um período de 2 anos. No total puderam rever 56 dos 80 molares tratados: 13 molares do grupo do formocresol, 15 molares tratados com sulfato férrico, 13 molares tratados com hidróxido de cálcio e 15 molares tratados com MTA.

Nos resultados os autores expressam que, em geral, os fracassos radiológicos foram mais frequentes que os fracassos clínicos. Além disso, na revisão dos 6 meses, todos os molares foram classificados como bem sucedidos clínica e radiologicamente. Aos 12 meses identificaram 2 fracassos no grupo do formocresol, assim como no grupo do MTA, 4 fracassos no grupo do hidróxido de cálcio e 1 fracasso no grupo do sulfato férrico. Na revisão dos 18 meses observaram também outro fracasso em cada um dos grupos formocresol, sulfato férrico e MTA. Nesta consulta de revisão não observaram nenhum fracasso no grupo do hidróxido de cálcio. Aos 24 meses de seguimento observaram 2 fracassos mais nos grupos de sulfato férrico e do MTA e 3 no grupo do hidróxido de cálcio. No total, obtiveram um fracasso radiográfico de 3 molares no grupo do formocresol, 4 molares no grupo do sulfato férrico, 7 molares no grupo do hidróxido de cálcio e 5 molares no grupo do MTA. Ao fim dos 2 anos de seguimento o fracasso foi clinicamente evidente em 2 molares do grupo do formocresol e um molar do grupo do hidróxido de cálcio que apresentaram edema e 2 molares do grupo do MTA que apresentou sintomas do tracto sinusal.

Radiograficamente, a resposta pulpar que observaram com mais frequência foi a reabsorção externa seguida de obliteração dos canais radiculares. Também observaram reabsorções internas em todos os grupos de estudo, excepto no grupo tratado com formocresol.

Neste estudo os autores obtiveram taxas de êxito, aos 2 anos de seguimento, inferiores para o hidróxido de cálcio (46,1%) e para o MTA (66,6%) que as obtidas para o formocresol (76,9%) e para o sulfato férrico (73,3%), mas sem que existisse diferença estatisticamente significativa entre estes resultados.

Os autores concluem que, apesar de não terem encontrado diferenças estatisticamente significativas entre os resultados obtidos para os distintos materiais, o hidróxido de cálcio pareceu ser clinicamente o menos apropriado. Além disso, tendo em conta que a International Agency for Cancer Research classificou o formaldeído, o principal constituinte do formocresol, um carcinogénico humano, e considerando as dificuldades de armazenamento e elevado custo do MTA, consideram que o sulfato férrico é um agente apropriado recomendável para a realização de pulpotomias em molares temporários (193).

Também numa comparação entre o MTA e o formocresol, Jabbarifar e cols. não obtiveram diferenças significativas entre as taxas de êxito e de fracasso dos molares tratados com um ou outro material (194), coincidindo com outros autores na indicação do MTA como substituto do formocresol.

2.4.8. Desvantagens do Agregado Trióxido Mineral

Da revisão da literatura realizada é possível afirmar que, em geral, o MTA é considerado uma excelente alternativa ao formocresol para as pulpotomias em molares temporários. No entanto, a maioria dos autores consideram que este material apresenta desvantagens.

Indubitavelmente, o preço elevado do MTA é o factor mais frequentemente apontado como limitação à utilização deste material na prática clínica diária (92, 108, 172, 190).

O tempo de endurecimento, de 3 a 4 horas, também é considerado por alguns autores como uma desvantagem, principalmente quando se compara com o tempo necessário para a conclusão do tratamento no caso de utilização do formocresol. Com frequência os autores referem a necessidade de realizar o tratamento em 2 consultas para que, uma vez obtido o endurecimento do MTA, se possa realizar a restauração coronária (108, 172, 188, 191-193). No entanto, outros autores preconizam a realização da pulpotomia com MTA e restauração coronária numa só sessão. Estes autores afirmam que se conseguirá igualmente o endurecimento do material porque está em contacto com a humidade da polpa radicular, e aplicam por cima do MTA condensado uma camada de ionómero de vidro fotopolimerizável (11, 12, 13, 108) ou IRM (182) para preencher a câmara pulpar.

Outra característica do MTA também referida como uma desvantagem na literatura é a manipulação do MTA, que alguns autores consideram difícil (108, 172).

Por último, pode-se encontrar referência em vários artigos científicos à alteração de cor provocada pelo MTA nos dentes em que é aplicado. Nos casos de pulpotomias de

molares temporários restaurados com uma coroa metálica pré-formada, esta alteração é facilmente disfarçada (172, 176), mas pode resultar num problema no tratamento de dentes anteriores.

2. Hipótese e objectivos de trabalho

2. Hipótese e objectivos de trabalho

A utilização do Agregado Trióxido Mineral (MTA) nas pulpotomias de molares temporários demonstrou ser uma alternativa ao formocresol; com uma resposta clínica superior a este e com indicadores radiográficos que demonstram uma resposta da polpa remanescente biologicamente favorável.

Até este momento comercializaram-se dois preparados de Agregado Trióxido Mineral. O primeiro, MTA Cinzento, foi substituído pelo MTA Branco sob o argumento de conservar e melhorar as suas propriedades biológicas. Ambos os preparados demonstraram a sua utilidade nas pulpotomias de molares temporários; no entanto, parecem existir evidências de que a resposta não é similar.

Neste sentido, propusemo-nos estudar comparativamente a resposta clínica e radiológica dos molares tratados com MTA Branco ou com MTA Cinzento, no “Programa de Atenção Odontológica a Pacientes en Edad Infantil” da Faculdade de Odontologia da Universidade Complutense de Madrid, durante o período de tempo compreendido entre os anos 2000 e 2009.

Para este estudo estabeleceram-se os seguintes objectivos:

1. Avaliar o êxito dos tratamentos pulpares realizados com MTA Cinzento y Branco nos molares temporários estudados.
2. Estabelecer se existem diferenças significativas no êxito dos tratamentos entre um e outro grupo.

3. Avaliar radiologicamente a formação de dentina reparadora, manifestada como pontes dentinarias, no grupo tratado com MTA Cinzento e no grupo tratado com MTA Branco.
4. Estudar radiologicamente a resposta favorável da polpa remanescente, manifestada como estenose dos canais radiculares, em cada um dos grupos.
5. Comparar a resposta biológica favorável, manifestada como formação de pontes dentinarias ou estenose radicular, entre ambos os grupos.
6. Avaliar clinicamente os pré-molares erupcionados e correspondentes aos molares temporários tratados com MTA.

3. Material e Métodos

3. Material e Métodos

Seleccção da Amostra

A amostra procedia do banco de pacientes do *Programa de Atenção Odontológica a Pacientes en Edad Infantil*, da Faculdade de Odontologia da Universidade Complutense de Madrid.

Para este estudo utilizou-se uma amostra de conveniência de primeiros e segundos molares temporários nos quais se tinha realizado o tratamento a estudar, pulpotomias com MTA Cinzento ou Branco. Os tratamentos realizaram-se entre os anos 2000 e 2009, no *Programa de Atenção Odontológica a Pacientes en Edad Infantil*, da Faculdade de Odontologia da Universidade Complutense de Madrid.

A selecção de toda a amostra foi realizada pelo examinador com base nos dados procedentes da anamnese, a exploração clínica e radiográfica e tendo em conta os critérios de inclusão e exclusão.

A selecção da amostra, levou-se a cabo de acordo aos seguintes critérios de inclusão e exclusão:

Crítérios de inclusão

- que a pulpotomia com MTA se tivesse realizado em molares sem tratamento prévio.
- que o molar não tivesse sinais prévios de degeneração da polpa radicular.

- que não apresentasse imagem radiológica de lesão na furca nem de reabsorção radicular patológica interna ou externa, prévias ao tratamento.
- que não se visualisassem imagens de alargamento patológico do ligamento periodontal.
- que, no momento de realizar a pulpotomia, o molar apresentasse metade ou mais da longitude radicular.
- que todas as pulpotomias tivessem sido realizadas pelo mesmo operador.
- que ao realizar o tratamento se tivessem seguido, estritamente, os passos seguintes:

1. Avaliação da indicação de realizar a pulpotomia.
2. Anestesia e isolamento com dique de borracha.
3. Preparação do molar temporário para a adaptação de uma coroa metálica pré-formada.
4. Selecção e adaptação da coroa metálica.
5. Eliminação do tecido cariado mediante instrumentos rotatórios de alta e baixa velocidade e brocas 330 e redondas.
6. Eliminação do tecto da câmara pulpar com broca 330 a alta velocidade.
7. Extirpação do tecido pulpar da câmara pulpar com broca redonda grande a baixa velocidade.
8. Limpeza, secagem e controlo da hemorragia pulpar mediante pressão leve com bola de algodão estéril.

9. Exploração da integridade do solo da câmara pulpar.
10. Mistura do preparado de MTA (MTA Cinzento ou MTA Branco) com água estéril numa placa de vidro com espátula metálica, conforme as instruções do fabricante.
11. Colocação e adaptação do material às paredes e solo da câmara pulpar por pressão com uma bola de algodão humedecida em água destilada.
12. Selamento da câmara pulpar com cimento de ionómero de vidro fotopolimerizável.
13. Cimentação da coroa com cimento de ionómero de vidro autopolimerizável.

Critérios de exclusão

Do presente trabalho, foram excluídos os molares temporários correspondentes

a:

- crianças com uma história de patologia sistémica associada que pudesse interferir nos resultados do tratamento.
- pacientes que estivessem a receber tratamento farmacológico.
- pacientes que abandonaram o tratamento.

Amostra

O universo do estudo estava formado por 233 molares, 98 superiores e 135 inferiores, sendo 120 primeiros molares e 113 segundos molares. Destes, 23 molares corresponderam a pacientes que não voltaram às revisões e, por este motivo, foram excluídos do estudo.

Assim, a amostra do nosso trabalho incluiu 210 molares de uma ou outra arcada. O total de molares da arcada superior foi 90 e 120 molares pertenciam à arcada inferior. Na Tabela 1 recolhem-se os dados da amostra distribuídos por arcada, hemiarcada, molar primeiro ou segundo, e preparado utilizado.

	Primeiros molares temporários				Segundos Molares temporários				TOTAL		
	Direitos		Esquerdos		Direitos		Esquerdos				
	MTA Cinzento	MTA Branco	MTA Cinzento	MTA Branco	MTA Cinzento	MTA Branco	MTA Cinzento	MTA Branco	MTA Cinzento	MTA Branco	Total
Maxilares	8	15	10	13	8	18	7	11	33	57	90
Mandibulares	8	20	12	18	8	18	13	23	41	79	120
TOTAL	16	35	22	31	16	36	20	34	74	136	210

Tabela 1. Distribuição da amostra segundo arcada, hemiarcada, molar e tipo de MTA (Cinzento ou Branco).

Tempo de Seguimento da Amostra

Foram excluídas as amostras de molares de duas crianças que não voltaram nunca à revisão. O tempo de seguimento de cada um dos molares da amostra dependeu: do ano em que se realizou o tratamento; o tempo transcorrido até à perda do molar, fisiológica ou patológica; e, ocasionalmente, ao abandono do seguimento transcorridos uns anos. Também é necessário ter em conta a cronologia da aplicação do MTA Cinzento ou MTA Branco por razões de comercialização.

Como consequência de tudo isto a distribuição da amostra segundo arcada, hemiarcada, molar, tipo de MTA utilizado e tempo de seguimento recolhe-se na Tabela

2.

	Molares Maxilares				Molares Mandibulares				TOTAL		
	Direitos		Esquerdos		Direitos		Esquerdos				
	MTA Cinzento	MTA Branco	MTA Cinzento	MTA Branco	MTA Cinzento	MTA Branco	MTA Cinzento	MTA Branco	MTA Cinzento	MTA Branco	Total
6 meses	2	1	2	2	2	5	5	4	11	12	23
12 meses	0	10	0	8	0	11	0	5	0	34	34
18 meses	1	4	1	3	0	6	1	6	3	19	22
24 meses	3	4	3	2	1	4	3	4	10	14	24
30 meses	0	6	1	4	1	3	3	5	5	18	23
36 meses	2	3	3	3	4	4	3	7	12	17	29
42 meses	3	5	1	0	2	4	1	2	7	11	18
48 meses	0	0	0	1	0	1	2	5	2	7	9
54 meses	2	0	4	1	1	0	1	2	8	3	11
60 meses	0	0	0	0	0	0	2	1	2	1	3
66 meses	1	0	1	0	0	0	1	0	3	0	3
72 meses	1	0	0	0	1	0	0	0	2	0	2
78 meses	1	0	0	0	1	0	1	0	3	0	3
84 meses	0	0	1	0	3	0	2	0	6	0	6
TOTAL	16	33	17	24	16	38	25	41	74	136	210

Tabela 2. Distribuição da amostra segundo arcada, hemiarcada e tipo de MTA (Cinzento ou Branco) em função do tempo de seguimento.

MÉTODO

Previamente ao início deste trabalho, a linha de investigação em que se enquadra este estudo dispunha da aprovação da “Unidad de Coordinación de Ensayos Clínicos” da Universidade Complutense de Madrid (Anexo 1), assim como do Consentimento Informado dos pais ou representantes legais das crianças a quem se realizaram as pulpotomias. O Consentimento Informado incluía a aceitação para a utilização dos dados com fins investigadores (Anexo 2).

Também com anterioridade ao início, foi realizada a calibração da examinadora com a investigadora principal tanto para a interpretação dos dados clínicos como para a leitura radiográfica. Realizada a calibração, iniciou-se a recompilação dos dados que procediam da avaliação clínica (A) e radiográfica (B) realizadas para avaliar a resposta pulpar, em cada uma das revisões, das pulpotomias realizadas com MTA.

Os dados eram obtidos pela investigadora principal e pela examinadora separadamente.

A. A avaliação clínica incluiu anamnese e recolha de novos dados fornecidos pelos pais, exploração dos molares tratados incluindo: exploração visual, palpação dos tecidos moles e percussão de todos os molares que tinham recebido tratamento, tanto na arcada superior como na inferior.

Considerava-se uma resposta não favorável quando se encontrava algum dos seguintes achados:

- sinais de inflamação, modificação da cor, abscesso ou fístula nos tecidos moles.
- mobilidade não fisiológica do molar tratado.

- dor espontânea ou à percussão.

Foi considerado êxito do tratamento quando não se encontrava nenhum destes achados.

A decisão entre êxito/não êxito do tratamento fazia-se em referencia ao molar avaliado.

B. A avaliação radiográfica de estenose dos canais radiculares e de pontes dentinarias realizou-se unicamente nos canais radiculares dos molares inferiores tratados uma vez que na arcada superior, as imagens radiográficas mostram sobreposições das estruturas, em particular sobreposições das imagens radiográficas das raízes dos molares e por tanto pode resultar errónea a leitura de dados nos canais radiculares superiores. Por este motivo, para não induzir em erro nos resultados da observação radiológica, os resultados da observação radiográfica dos fenómenos de estenose pulpar e de formação de ponte dentinaria, que se apresentarão nos resultados, referem-se unicamente aos molares inferiores.

A leitura das radiografias realizou-se colocando-as sobre um negatoscópio e com ajuda de uma lupa marca Eschenbach[®], Germany, de 2,5 aumentos (Figura 3).

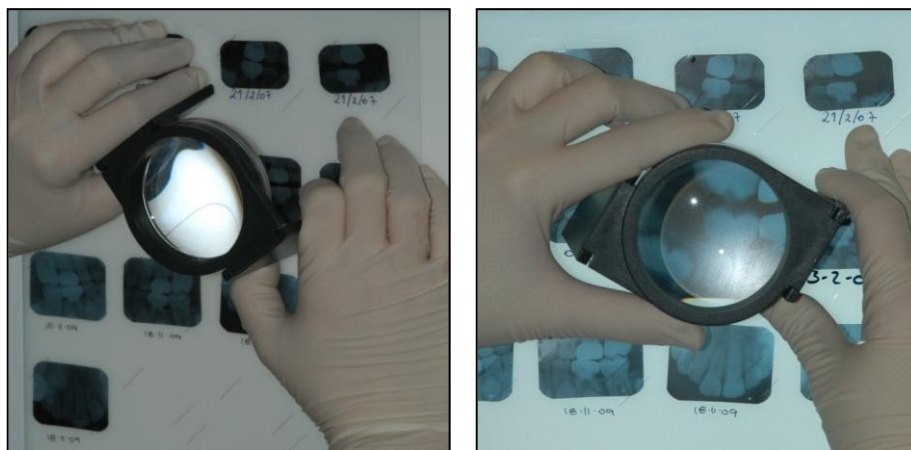


Figura 3. *Leitura das radiografias sobre negatoscópio e com lupa marca Eschenbach[®], Germany, de 2,5 aumentos.*

Considerava-se resposta radiológica não favorável quando se encontrava algum dos seguintes achados:

- reabsorção radicular patológica externa ou interna.
- lesão da bifurcação radicular.
- alargamento patológico do ligamento periodontal.
- sinais de deslocamento ou desaparecimento do material de recheio pulpar,

MTA.

Considerava-se resposta biológica favorável quando se evidenciava:

- estenose do canal radicular, ou
- presença de pontes dentinarias.

A leitura e avaliação da presença/ausência de estenose e/ou pontes dentinarias realizava-se para cada um dos canais radiculares.

Análise estatística

Para a realização da análise estatística dispôs-se da ajuda do pessoal do Departamento de Apoio à Investigação da UCM.

Foi utilizado o programa informático de análise estatística SPSS 17.0 para Windows (SPSS, USA).

Foi aplicada uma prova Kappa (K) para determinar as variações intra e inter observador.

Realizou-se uma análise univariante (descritiva), para a obtenção de frequências e percentagens da resposta clínica e radiográfica, incluindo os achados radiológicos considerados indicadores de uma resposta biologicamente favorável: pontes dentinarias e estenose radicular.

Realizou-se uma ANOVA de Medidas Repetidas, com factor intra-sujeito “tempo”, para comparar os resultados obtidos no mesmo molar ao longo do tempo, e 2 factores inter-sujeito “molar” e “tipo de MTA” para comparar os resultados obtidos entre os distintos molares e entre os dois tipos de MTA, ao longo do tempo, com a correcção de Greenhouse-Geisser.

Realizou-se a prova post-hoc de Bonferroni para o factor inter-sujeitos “molar”, uma vez que apresenta mais de dois grupos (74, 75, 84, 85).

Para todas as provas se estabeleceu o nível de significância estatística com $p < 0,05$ e um intervalo de confiança de 95%.

4. Resultados

4. Resultados

Os dados obtidos pela investigadora e a examinadora, compararam-se para obter a concordância entre as examinadoras. Aplicou-se o estatístico Kappa (κ) obtendo-se um valor de 0,93. Dado que a concordância entre as examinadoras foi consistente, elegemos utilizar os dados obtidos pela examinadora para o resto das análises estatísticas.

4.1. Avaliação do êxito do tratamento pulpar

4.1.1. Resposta clínica

No controlo clínico realizado aos 6 meses, nenhum dos molares apresentava indicadores de fracasso do tratamento. Isto significa que, na mucosa não se apresentaram sinais de inflamação, alteração da cor, abscessos, nem fístulas e os molares não tinham mobilidade patológica, nem dor à pressão ou à percussão.

Nos controlos seguintes, realizados com intervalos de 6 meses, encontraram-se 2 molares, tratados com MTA Branco, que apresentavam abscesso e mobilidade não fisiológica; um primeiro molar superior esquerdo (54) apresentou um abscesso na revisão dos 12 meses e um segundo molar superior esquerdo (55) na revisão dos 36 meses. Ambos os molares foram extraídos.

Nenhum dos restantes pacientes referiu ter padecido ou padecer de dor, seja espontaneamente ou com a mastigação ou outros estímulos.

4.1.2. Resposta radiológica

O Agregado Trióxido Mineral permaneceu como material de preenchimento da câmara pulpar, durante todo o estudo, sem mostrar sinais de reabsorção ou deslocamento ao longo do tempo. Isto foi possível avaliar radiograficamente em todos os molares da amostra.

Nos controlos radiológicos dos tratamentos realizados nos 210 molares que conformaram a amostra total encontraram-se imagens radiológicas indicadoras de resposta pulpar não favorável unicamente em 6 molares. As imagens radiográficas eram compatíveis com reabsorção radicular interna e/ou na bifurcação radicular (Figura 4 e 5). A descrição dos molares afectados, localização da reabsorção e evolução pode-se observar na Tabela 3.

Dente	MTA	Meses transcorridos	Localização das reabsorções	Actuação terapêutica	Evolução
55	Branco	12	Interna	Controlo	Esfoliação fisiológica aos 42 meses
64	Branco	6	Furca	Controlo	Esfoliação fisiológica aos 36 meses
64	Cinzento	36	Furca	Controlo	Amostra perdida por abandono
75	Branco	6	Furca e Interna	Controlo	Esfoliação fisiológica aos 42 meses
84	Branco	12	Interna	Controlo	Extracção aos 36 meses
84	Branco	12	Interna	Controlo	Esfoliação fisiológica aos 36 meses

Tabela 3. Descrição dos molares que apresentaram imagens radiológicas de reabsorção, conforme o tipo de MTA, meses transcorridos desde o tratamento, localização da reabsorção, actuação terapêutica e evolução.

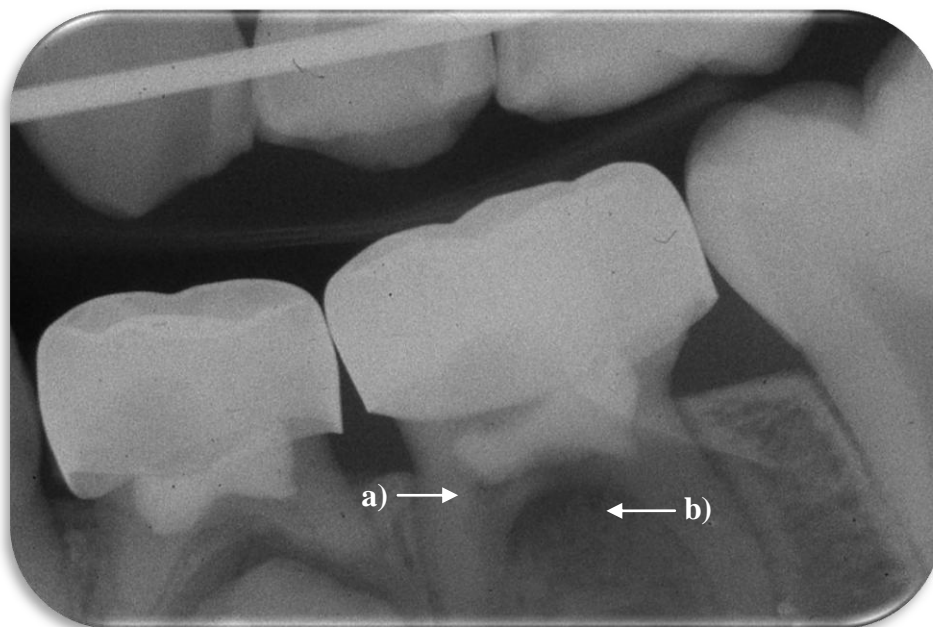


Figura 4. Imagem radiográfica compatível com reabsorção radicular interna (a) e na bifurcação radicular (b), do segundo molar.

Não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os indicadores radiológicos de resposta pulpar desfavorável nos molares tratados com MTA Cinzento e nos molares tratados com MTA Branco ($p=0,141$).

4.2. Evidência de formação de dentina reparadora

No estudo radiológico periódico obtiveram-se dois tipos de achados radiológicos considerados indicadores de uma resposta biologicamente favorável da polpa amputada à aplicação do material MTA. Assim, em alguns dos canais radiculares dos molares estudados evidencaram:

- 3) Imagem de formação de uma ponte dentinaria na área imediatamente apical ao MTA adaptado na câmara pulpar, ou seja, na entrada do canal radicular.

(Figura 5 e 6)

- 4) Imagem radiológica de estenose parcial, ou redução do diâmetro interno, ao longo dos canais pulpares radiculares. (Figura 7 e 8)

Apesar dessas imagens, consideradas como indicadoras de resposta favorável, terem sido detectadas tanto em molares superiores como em molares inferiores, unicamente se utilizaram os dados correspondentes aos canais radiculares inferiores com a finalidade de evitar erros de leitura derivados da sobreposição das estruturas anatómicas como ocorre na arcada superior. Os molares avaliados foram 120 com a distribuição que se pode observar na Tabela 1.



Figura 5. Imagem radiográfica obtida 8 meses depois do tratamento com MTA Cinzento na qual se indica a ponte dentinaria.



Figura 6. Imagem radiográfica obtida 16 meses depois do tratamento com MTA Branco na qual se indica a ponte dentinaria.



Figura 7. *a) Imagem radiográfica prévia ao tratamento de pulpotomia. b) Imagem radiográfica da revisão realizada 42 meses depois do tratamento de pulpotomia com MTA Cinzento. Observa-se a estenose dos canais radiculares.*



Figura 8. *a) Imagem radiográfica prévia ao tratamento de pulpotomia. b) Imagem radiográfica da revisão realizada 15 meses depois do tratamento de pulpotomia com MTA Branco. Observa-se a estenose dos canais radiculares e pontes dentinarias.*

Para efectuar a contagem total das imagens radiográficas, pontes e/ou estenose, considerou-se individualmente cada canal pulpar em cada molar; quer dizer que para cada molar foi avaliada independentemente a raiz mesial e a raiz distal. Em muitos casos detectaram-se imagens de estenose e de ponte dentinario no mesmo canal radicular. O número total de canais pulpares estudados com esta finalidade foi de 240, dos quais 82 canais foram tratados com MTA Cinzento e 158 canais foram tratados com MTA Branco. O tempo de seguimento prolongou-se desde os 6 aos 84 meses, recolhendo-se cada 6 meses os dados da amostra que voltava à revisão. Os molares e canais avaliados em cada momento apresentam-se na Tabela 4.

Tempo	Número total de molares inferiores		Número total de canais inferiores	
	MTA Cinzento	MTA Branco	MTA Cinzento	MTA Branco
6 meses	41	79	82	158
12 meses	35	72	70	144
18 meses	35	57	70	114
24 meses	33	45	66	90
30 meses	30	37	60	74
36 meses	25	29	50	58
42 meses	19	16	38	32
48 meses	16	10	32	20
54 meses	15	3	30	6
60 meses	12	1	24	2
66 meses	10	0	20	0
72 meses	8	0	16	0
78 meses	8	0	16	0
84 meses	5	0	10	0

Tabela 4. Contagem do total de molares e canais estudados radiologicamente em cada revisão semestral, para analisar os fenómenos de ponte dentinaria e estenose radicular.

2.1. Pontes dentinarias. MTA Cinzento

Na Tabela 5 recolhem-se os resultados referidos à evidência de visualização de pontes dentinarias nos molares temporários com pulpotomia com MTA Cinzento. Os dados agrupam-se em relação com o tempo decorrido, no momento do controlo, desde que se fez o tratamento pulpar e expressam-se em percentagens de canais que mostravam uma resposta biológica favorável com manifestação de ponte dentinaria. Apresentam-se os dados correspondentes a cada um dos molares separadamente (74; 75; 84; 85), aos primeiros e segundos molares avaliados conjuntamente (74 e 84; 75 e 85), e ao total da amostra.

Tempo	74		75		84		85		Total 1º Molares		Total 2º Molares		Total Molares	
	C	%	C	%	C	%	C	%	C	%	C	%	C	%
6 meses	24	20,8	26	26,9	16	62,5	16	50	40	27,5	42	35,7	82	31,7
12 meses	24	37,5	18	66,7	16	62,5	12	41,7	40	47,5	30	56,7	70	51,4
18 meses	24	45,8	18	72,2	16	62,5	12	41,7	40	52,5	30	66,7	70	58,6
24 meses	20	50	18	72,2	16	75	12	58,3	36	61,1	30	66,7	66	63,6
30 meses	18	55,6	16	81,3	14	85,7	12	58,3	32	68,8	28	71,4	60	70
36 meses	16	62,5	12	91,7	14	85,7	10	60	30	63,3	22	77,3	52	75
42 meses	12	66,7	10	90	10	80	6	83,3	22	72,7	16	86,5	38	79
48 meses	10	80	10	90	8	100	4	100	18	88,9	14	92,9	32	90,6
54 meses	8	87,5	10	90	8	100	4	100	16	93,8	14	92,8	30	93,3
60 meses	6	83,3	8	100	6	100	4	100	12	91,7	12	100	24	95,8
66 meses	6	83,3	4	100	6	100	4	100	12	91,7	8	100	20	95
72 meses	4	75	4	100	4	100	4	100	8	87,5	8	100	16	93,8
78 meses	4	75	4	100	4	100	4	100	8	87,5	8	100	16	93,8
84 meses	2	100	4	100	--	--	4	100	2	100	8	100	10	100

C: Canais estudados. %: Percentagem

Tabela 5. Percentagem de pontes dentinarias observadas ao longo do estudo nos molares inferiores tratados com pulpotomias realizadas com MTA Cinzento.

Analisando os dados do ocorrido no total da amostra estudada observa-se que, aos 6 meses, aproximadamente um terço dos canais (31,7%) já apresentavam formação de pontes dentinarias. Na revisão realizada aos 12 meses aproximadamente metade dos canais (51,4%) apresentava pontes dentinarias. Nas avaliações sucessivas o padrão de visualização de pontes dentinarias ia aumentando até que nos dados recolhidos aos 30 meses as pontes visualizavam-se em mais de duas terças partes dos canais estudados (70%). Esse padrão de aumento na presença de pontes dentinarias manteve-se ao longo do tempo até alcançar a totalidade dos canais nos dados recolhidos aos 84 meses. Há que ressaltar, no entanto, que ao ser uma amostra de molares de crianças, os dados que se puderam recolher entre os 5 e 7 anos de seguimento pertenceram a uma amostra mais limitada.

Ao avaliar os valores obtidos em primeiros molares temporários unicamente, pode-se observar que, avaliados conjuntamente os molares do lado direito e do esquerdo, o padrão de formação de pontes dentinarias é basicamente semelhante ao da amostra total; ou seja, num terço (27,5%) aos 6 meses, na metade dos canais (47,5%) aos 12 meses em aproximadamente dois terços dos canais (68,8%) aos 30 meses. Comparando os dados correspondentes aos primeiros molares do lado direito com os do esquerdo apreciam-se percentagens diferentes num e noutro lado, sendo muito mais elevados os do molar do lado direito (84) que os do lado esquerdo (74).

A análise correspondente aos segundos molares avaliados conjuntamente mantém o mesmo padrão de frequências mencionado para a amostra total e para a amostra de primeiros molares. Os dados correspondentes ao lado direito e esquerdo separadamente não mantêm nenhum padrão de predomínio direita/esquerda como ocorria nos primeiros molares.

De igual modo ao mencionado ao referirmo-nos à evolução dos dados da amostra total a partir dos 30 meses, os controlos de meses posteriores manifestaram sempre um incremento nas percentagens de pontes visualizadas radiograficamente até alcançar praticamente a totalidade dos canais avaliados (Tabela 5).

Para comparar a existência de diferenças e semelhanças entre os molares do lado direito e do lado esquerdo, assim como entre primeiros e segundos molares temporários em cada lado, referidos a pontes dentinarias obtidas nos molares tratados com MTA Cinzento, foi realizado um ajuste estatístico para proceder à análise estatística de medidas repetidas com factor intra-sujeito, tempo de evolução e 2 factores inter-sujeito, tipo de MTA e molar. Para isso seleccionaram-se os molares com seguimento durante 30 meses. Assim, os dados utilizados para esta análise corresponderam a 134 canais, 60 correspondentes a MTA Cinzento. Com esta análise estudaram-se possíveis diferenças entre as percentagens e no perfil de comportamento ao longo do tempo. Não se obtiveram diferenças significativas quanto à formação de pontes dentinarias, nem na comparação das percentagens nem na evolução do perfil. Também não se obtiveram diferenças entre molares homólogos, nem entre molares primeiro e segundo de cada um dos lados da arcada inferior.

Após a análise estatística realizada, obteve-se com um nível de confiança de 95%, que o tempo influi de forma estatisticamente significativa ($p < 0,001$) no aparecimento de pontes dentinarias nos canais radiculares dos molares temporários tratados mediante pulpotomia com MTA Cinzento. Assim, comparando estatisticamente a evolução cada 6 meses durante 30 meses, observamos nos resultados que existe uma diferença significativa a 95% entre os intervalos de tempo 0-6 e 6-12 meses ($p < 0,001$), 6-12 e 12-18 meses ($p = 0,001$) e entre os intervalos 12-18 e 18-24 meses ($p = 0,027$).

Entre os intervalos de tempo de 18-24 e 24-30 meses não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas (*Gráfico 1*).

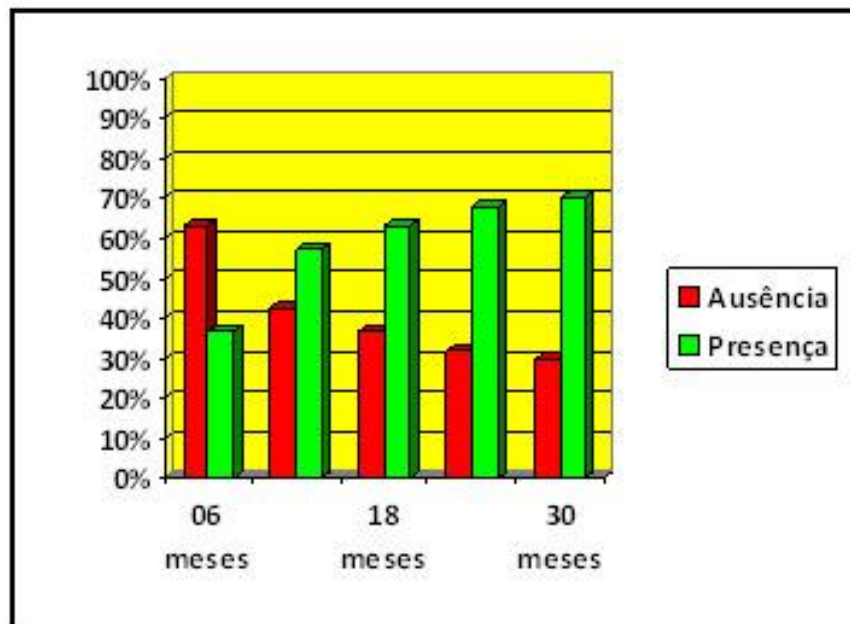


Gráfico 1. Reapresentação gráfica da presença/ausência de pontes dentinárias observadas ao longo do tempo na totalidade de canais tratados com MTA Cinzento.

4.2.2. Pontes dentinarias. MTA Branco

Os valores correspondentes a pontes dentinarias formadas com MTA Branco e registados nos diferentes controlos recolhem-se na Tabela 6 com o mesmo critério de apresentação que foi utilizado na tabela correspondente ao MTA Cinzento. O início da comercialização e, por tanto, aplicação clínica do MTA Branco ocorreu com posterioridade ao MTA Cinzento pelo que o tempo de seguimento com o material Branco alcançou 60 meses em vez dos 84 meses alcançados com o material Cinzento.

Tempo	74		75		84		85		Total 1º Molares		Total 2º Molares		Total Molares	
	C	%	C	%	C	%	C	%	C	%	C	%	C	%
6 meses	36	19,4	46	19,6	40	22,5	36	11,1	76	21,1	82	15,9	158	18,5
12 meses	34	47,1	42	42,9	36	50	32	34,4	70	48,6	74	39,2	144	43,8
18 meses	32	46,9	34	47,1	22	59,1	26	38,5	54	51,9	60	43,3	114	47,4
24 meses	28	50	26	38,5	18	50	18	38,9	46	50	44	38,6	90	44,4
30 meses	24	54,2	22	40,9	12	66,7	16	43,8	36	58,3	38	42,1	74	50
36 meses	20	65	16	50	10	60	12	58,3	30	63,3	28	53,6	58	58,6
42 meses	12	75	10	40	4	25	6	66,7	16	62,5	16	50	32	56,2
48 meses	10	70	8	37,5	--	--	2	100	10	70	10	50	20	60
54 meses	4	75	2	100	--	--	--	--	4	75	2	100	6	83,3
60 meses	2	100	--	--	--	--	--	--	2	100	--	--	2	100
66 meses	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
72 meses	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
78 meses	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
84 meses	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

C: Canais estudados. %: Percentagem

Tabela 6. *Percentagem de canais com evidência de pontes dentinarias observadas ao longo do estudo nos molares inferiores tratados com MTA Branco.*

Seguindo uma análise dos valores semelhante à utilizada para as pontes dentinarias com MTA Cinzento pode-se mencionar que na revisão realizada 6 meses depois do tratamento de pulpotomia foram detectadas pontes dentinarias em 29 dos 158 canais pulpares inferiores. Isto corresponde a 18,5% do total dos canais. Na revisão realizada aos 12 meses as pontes dentinarias visualizadas foram 63 alcançando quase metade de todos os avaliados (43,75%). Aos 24 meses de seguimento 44,4% dos canais apresentavam pontes dentinarias (40 pontes) e aos 30 meses metade dos canais apresentavam pontes. Apesar de o seguimento ter continuado até aos 60 meses os dados a ressaltar devem referir-se apenas até aos 48 meses em que se visualizaram 60% de pontes nos canais estudados já que, posteriormente, a amostra avaliada é muito pequena.

Os valores correspondentes aos primeiros molares temporários, avaliados na sua totalidade, evidenciam uma evolução semelhante nas percentagens e o mesmo ocorre nos valores dos molares do lado direito e esquerdo separadamente. Neste último caso existem exceções nos molares com mais tempo de seguimento mas é necessário manifestar que a amostra avaliada é escassa. De todos os modos é importante ressaltar que as percentagens obtidas para o molar do lado direito (84) são sempre mais elevadas que as do lado esquerdo.

Os valores correspondentes aos segundos molares têm, em geral, o mesmo padrão de frequências que já se mencionou para a amostra total e para a amostra de primeiros molares. No entanto, neste caso, não existem grandes diferenças nas percentagens do lado direito e do esquerdo.

A evolução dos valores a partir dos 30 meses foi a mesma que já se tinha mencionado para a amostra total tanto nos primeiros como nos segundos molares temporários.

Para a comparação mediante a análise estatística de medidas repetidas com o critério mencionado no MTA Cinzento utilizaram-se 74 canais de molares tratados com MTA Branco. Estudando as diferenças entre as percentagens e no perfil de comportamento ao longo do tempo não se obtiveram diferenças significativas em quanto à formação de pontes dentinarias, nem na comparação das percentagens nem na evolução do perfil. Também não se obtiveram diferenças entre molares homólogos, nem entre molares primeiro e segundo de cada um dos lados da arcada inferior.

Após a análise estatística realizada, obteve-se, com um nível de confiança de 95%, que o tempo influi de forma estatisticamente significativa ($p < 0,001$) no aparecimento de pontes dentinarias nos canais radiculares dos molares temporários tratados mediante pulpotomia com MTA. Assim, comparando estatisticamente a evolução cada 6 meses durante 30 meses, observamos nos resultados que existe uma diferença significativa a 95% entre os intervalos de tempo 0-6 e 6-12 meses ($p < 0,001$), 6-12 e 12-18 meses ($p = 0,001$) e entre os intervalos 12-18 e 18-24 meses ($p = 0,027$). Entre os intervalos de tempo de 18-24 e 24-30 meses não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas. (*Gráfico 2*)

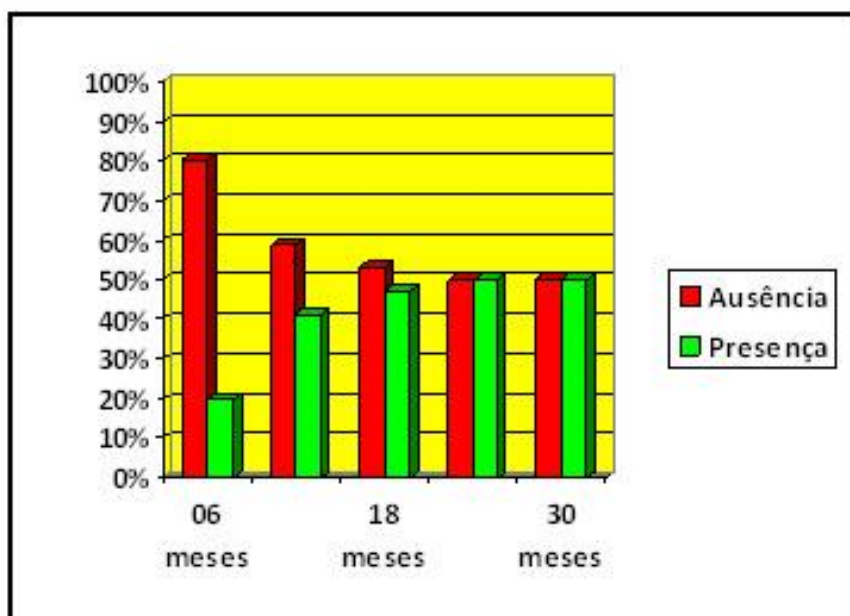


Gráfico 2. Representação gráfica da presença/ausência de pontes dentinarias observadas ao longo do estudo na totalidade de canais tratados com MTA Branco.

4.2.3. Estenose radicular. MTA Cinzento

A frequência de apresentação de estenose radicular nos canais dos molares temporários inferiores que tinham recebido tratamento de pulpotomia com MTA Cinzento recolhem-se na Tabela 7. Os quatro molares inferiores foram analisados separadamente e agrupados em primeiros, segundos molares e todos conjuntamente.

Tempo	74		75		84		85		Total 1º Molares		Total 2º Molares		Total Molares	
	C	%	C	%	C	%	C	%	C	%	C	%	C	%
6 meses	24	16,7	26	19,2	16	--	16	18,8	40	10	42	19	82	14,6
12 meses	24	41,7	18	72,2	16	62,5	12	58,3	40	50	30	66,7	70	57,1
18 meses	24	58,3	18	72,2	16	87,5	12	83,3	40	70	30	76,7	70	72,9
24 meses	20	70	18	83,3	16	100	12	100	36	83,3	30	90	66	86,4
30 meses	18	77,8	16	81,3	14	100	12	100	32	87,5	28	89,3	60	88,3
36 meses	16	75	12	91,7	14	100	10	100	30	86,7	22	95,5	50	90,4
42 meses	12	75	10	90	10	100	4	100	22	86,4	14	92,9	38	89,5
48 meses	10	70	10	90	8	100	4	100	18	83,3	14	92,9	32	87,5
54 meses	8	62,5	10	90	8	100	4	100	16	81,3	14	92,9	30	86,7
60 meses	6	66,7	8	100	6	100	4	100	12	83,3	12	100	24	91,7
66 meses	6	66,7	4	100	6	100	4	100	12	83,3	8	100	20	90
72 meses	4	50	4	100	4	100	4	100	8	75	8	100	16	87,5
78 meses	4	50	4	100	4	100	4	100	8	75	8	100	16	87,5
84 meses	2	100	4	100	--	--	4	100	2	100	8	100	10	100

C: Canais estudados. %: Percentagem

Tabela 7. Percentagem de canais com estenose radicular observada ao longo do estudo nos molares inferiores tratados com MTA Cinzento.

A evidência de estenose obtida no controlo aos 6 meses, e na amostra em conjunto, é ligeiramente inferior a um de cada seis canais avaliados (14,6%) observando-se em 12 dos 82 canais tratados com MTA Cinzento.

Doze meses depois da intervenção foi detectada estenose pulpar em 40 dos 70 canais tratados com MTA Cinzento (57,1%). Aos 18 meses, 51 dos 70 canais avaliados (72,9%) apresentavam estenose. Passados 24 meses do tratamento a estenose pulpar foi detectada em 57 dos 66 canais tratados com MTA Cinzento (86,4%). A partir desse momento a frequência aumentou ligeiramente durante todo o período de seguimento, até aos 84 meses.

A avaliação das frequências correspondentes aos primeiros molares, examinados no seu conjunto, reflecte que aos 12 meses do tratamento metade (50%) dos canais analisados têm estenose radicular e aos 18 (70%) e aos 24 meses (83,3%) já são visíveis em aproximadamente 3 de cada 4 canais. A partir desse momento as frequências vão aumentando ligeiramente até ao final do seguimento, tal como ocorria na amostra total. Em geral, as percentagens de estenose encontradas, para o mesmo momento cronológico, foram mais elevadas para os primeiros molares do lado direito.

Nos segundos molares temporários inferiores analisados, aproximadamente 1 de cada 5 canais apresentavam estenose na revisão dos 6 meses. Estes molares exibiram uma alta percentagem de estenose radicular na revisão realizada aos 12 meses: 72,2% no molar 75; 58,3% no molar 85; 66,7% em toda a amostra de segundos molares. Posteriormente as evidências de estenose foram cada vez mais frequentes até alcançar 100% em todos os canais estudados.

Como se mencionou, foi realizada a análise estatística de medidas repetidas baseada no mesmo grupo de dados utilizados para a avaliação das pontes dentinarias. Na evolução do perfil de resposta de estenose ao longo do tempo obtiveram-se diferenças significativas entre os molares inferiores esquerdos (74 e 75) e os molares inferiores direitos (84 e 85) ($p=0,002$). (Gráfica 3)

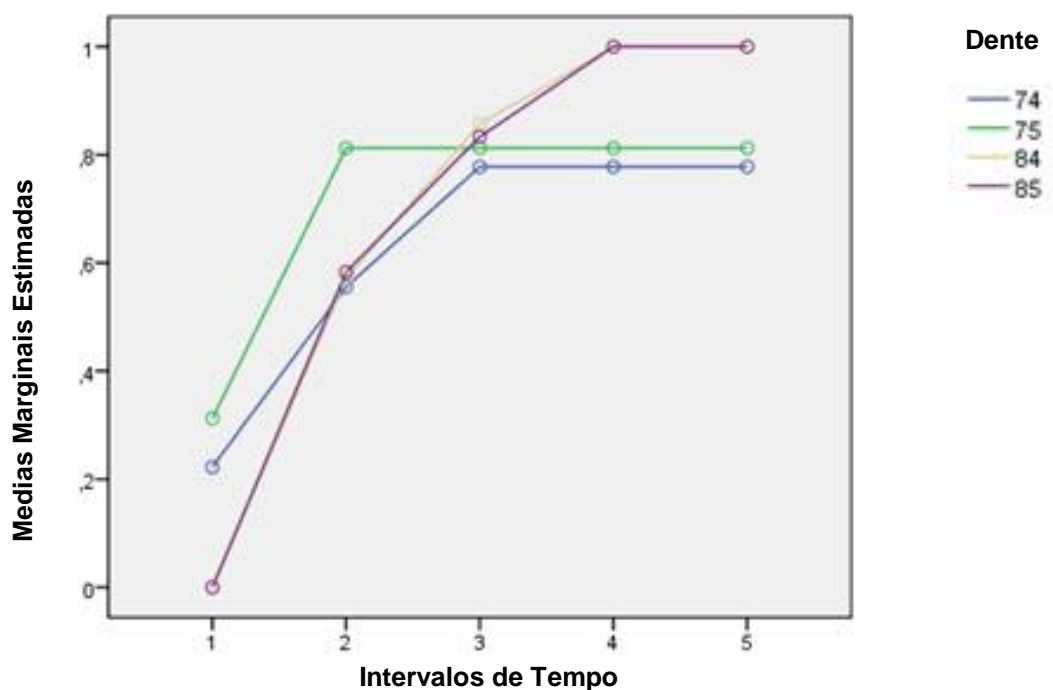


Gráfico 3. Representação gráfica da evolução do perfil de resposta de estenose radicular ao longo do tempo em cada um dos grupos de molares.

Não se obtiveram diferenças significativas na comparação das percentagens, assim como entre molares homólogos, nem entre primeiro e segundo molar de cada hemiarcada.

O tempo decorrido influi de forma estatisticamente significativa ($p < 0,001$; nível de confiança 95%) no aparecimento de estenose radicular nos molares temporários tratados mediante pulpotomia com MTA Cinzento. A evolução cada 6 meses permitiu ver que nos resultados existe uma diferença significativa entre os intervalos de tempo 0-6 e 6-12 meses ($p < 0,001$), 6-12 e 12-18 ($p < 0,001$) meses e entre os intervalos 12-18 e 18-24 meses ($p = 0,001$; intervalo de confiança 95%). Entre os intervalos de tempo de 18-24 e 24-30 meses não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas. (Gráfico 4).

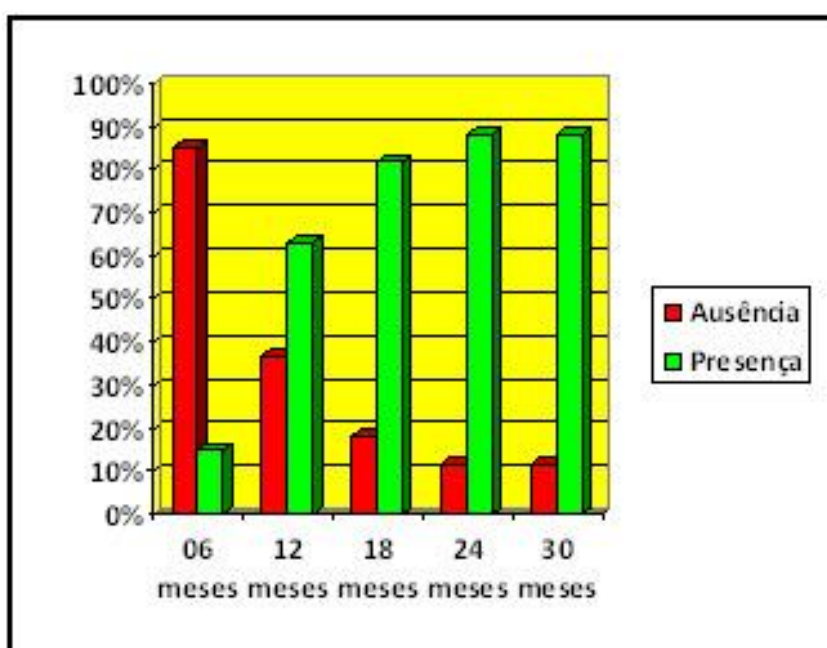


Gráfico 4. Representação gráfica da presença/ausência de estenose radicular observada ao longo do tempo na totalidade de canais tratados com MTA Cinzento.

4.2.4. Estenose radicular. MTA Branco

Os canais estudados para avaliar a resposta dentinaria favorável manifestada como estenose radicular nas pulpotomias realizadas com MTA Branco recolhem-se na Tabela 8 divididas por dentes e para cada um dos controlos realizados.

Tempo	74		75		84		85		Total 1º Molares		Total 2º Molares		Total Molares	
	C	%	C	%	C	%	C	%	C	%	C	%	C	%
6 meses	36	19,4	46	26,1	40	22,5	36	30,6	76	21,1	82	28	158	24,7
12 meses	34	41,2	42	61,9	36	41,7	32	71,9	70	41,4	74	66,2	144	54,2
18 meses	32	62,5	34	64,7	22	54,5	26	73	54	59,3	58	70,7	114	64
24 meses	28	82,1	26	73,1	18	50	18	94,4	46	69,6	44	81,8	90	75,6
30 meses	24	87,5	22	77,3	12	50	16	93,8	36	75	38	84,2	74	79,7
36 meses	20	95	16	93,8	10	70	12	100	30	86,7	28	96,4	58	91,4
42 meses	12	91,7	10	90	4	100	6	100	16	93,8	16	93,8	32	93,8
48 meses	10	90	8	100	--	--	2	100	10	90	10	100	20	95
54 meses	4	100	2	100	--	--	--	--	4	100	2	100	6	100
60 meses	2	100	--	--	--	--	--	--	2	100	--	--	2	100
66 meses	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
72 meses	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
78 meses	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
84 meses	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

C: Canais estudados. %: Percentagem

Tabela 8. Percentagem de canais com estenose radicular observada ao longo do estudo nos molares inferiores tratados com MTA Branco.

Seis meses depois de realizar o tratamento, um de cada 4 canais (24,68%) apresentava estenose (39 dos 158 canais estudados). Na revisão realizada 12 meses depois da intervenção foi detectada estenose pulpar em 78 dos 144 canais tratados com MTA Branco (54,17%). Passados 24 meses do tratamento, a estenose pulpar foi detectada em 68 dos 90 canais tratados com MTA Branco (75,55%) e 79% aos 30

meses. O padrão de incremento de estenose foi observado ao longo do tempo até afectar a totalidade dos canais. Devemos manifestar que depois de 4 anos de seguimento a amostra é muito mais escassa.

O perfil de incremento das percentagens de estenose encontradas, em relação com o tempo transcorrido até que se fazem os controlos, segue um padrão similar ao descrito para o MTA Cinzento apesar dos valores absolutos serem diferentes como se pode apreciar na Tabela 8.

Para comparar a existência de diferenças e similitudes entre os molares do lado direito e do lado esquerdo, assim como entre primeiros e segundos molares temporários em cada lado, referidos a estenose radicular obtida nos molares tratados com MTA Branco, foi realizada a análise estatística de medidas repetidas com factor intra-sujeito, tempo de evolução e 2 factores inter-sujeito, tipo de MTA e molar. Esta análise permitiu ver as diferenças entre as percentagens e no perfil de comportamento ao longo do tempo. Assim, apesar de não terem sido encontradas diferenças estatisticamente significativas no comportamento dos distintos molares ao longo do tempo, foi possível observar que o comportamento dos distintos molares se pode agrupar em dois padrões, um correspondente aos primeiros molares (74 e 84) e outro correspondente aos segundos molares (75 e 85) (*Gráfico 5*).

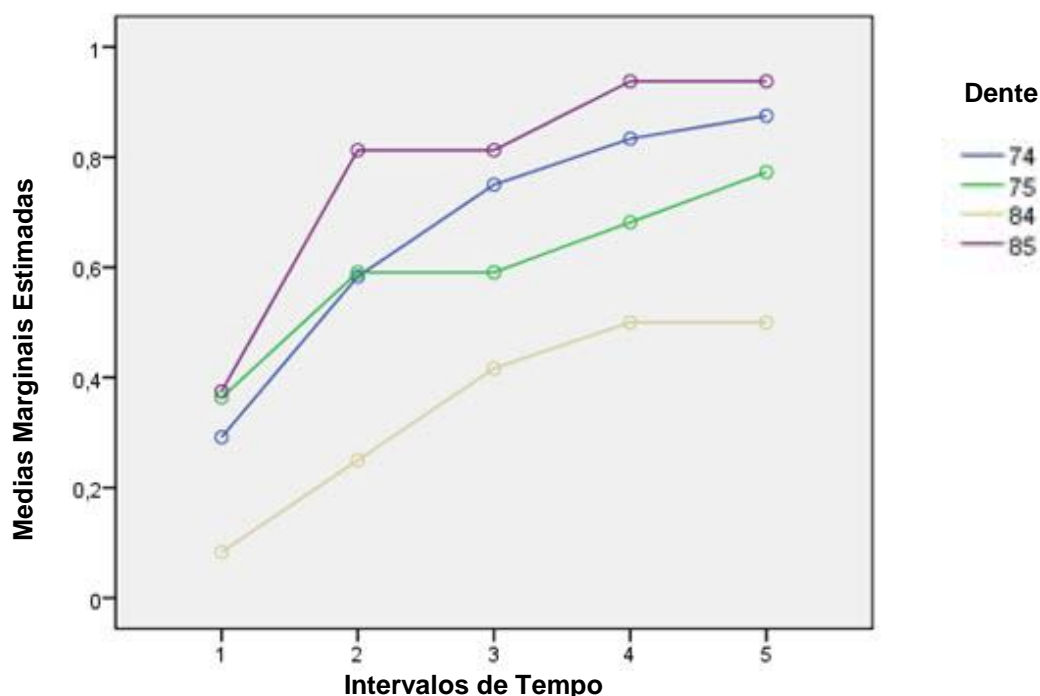


Gráfico 5. Representação gráfica da evolução do perfil de resposta de estenose radicular ao longo do tempo segundo o molar, para o MTA Branco.

Avaliando as percentagens obtidas para a presença de estenose radicular nos distintos molares (74, 75, 84 e 85), foram encontradas diferenças estatisticamente significativas ($p=0,017$) entre a percentagem de estenose radicular nos primeiros molares inferiores direitos e os segundos molares inferiores direitos (*Gráfica 8*).

Através da análise estatística de medidas repetidas baseada na mesma amostra utilizada para a avaliação das pontes dentinarias, concluímos que, com um nível de confiança de 95%, o tempo influi de forma estatisticamente significativa ($p<0,001$) no aparecimento de estenose radicular nos molares temporários tratados mediante pulpotomia com MTA Branco. Assim, comparando estatisticamente a evolução cada 6 meses durante 30 meses, observamos nos resultados que existe uma diferença significativa a 95% entre os intervalos de tempo 0-6 e 6-12 meses ($p<0,001$), 6-12 e 12-18 ($p<0,001$) meses e entre os intervalos 12-18 e 18-24 meses ($p=0,001$). Entre os

intervalos de tempo de 18-24 e 24-30 meses não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas (*Gráfico 6*).

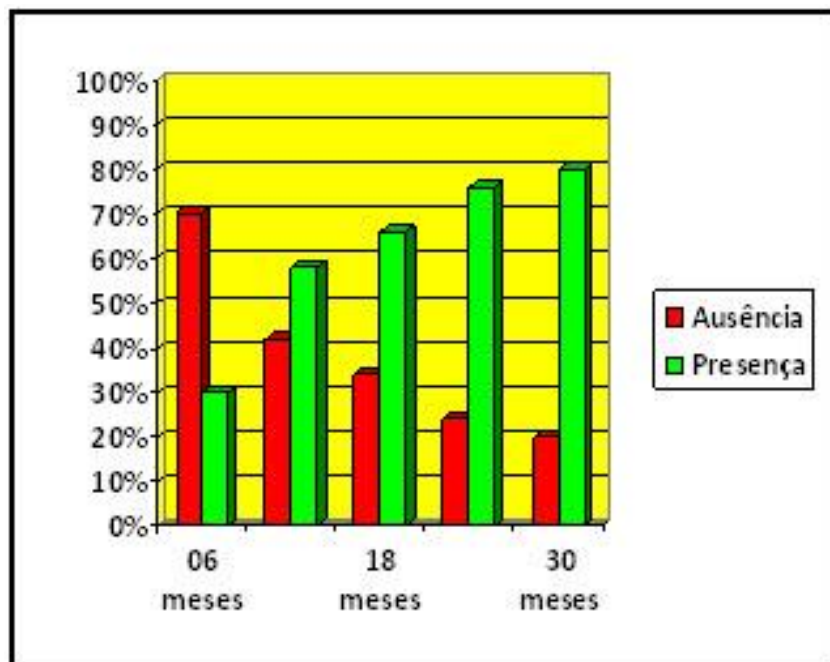


Gráfico 6. Representação gráfica da presença/ausência de estenose radicular observada ao longo do estudo na totalidade de canais estudados.

4.3. Comparação do MTA Cinzento e MTA Branco

De seguida expressam-se os resultados obtidos ao comparar a resposta biológica favorável manifestada como formação de pontes dentinarias ou estenose radicular nos molares tratados com pulpotomia com MTA Cinzento e aqueles em que foi realizada pulpotomia com MTA Branco.

Para a existência de diferenças e semelhanças de resposta à utilização de um ou outro material, tanto na formação de pontes dentinarias como na formação de dentina radicular, foi realizado o ajuste estatístico e procedeu-se à análise estatística de medidas repetidas com factor intra-sujeito, tempo de evolução e 2 factores inter-sujeito, tipo de MTA e molar. Como foi mencionado seleccionaram-se os molares com seguimento durante 30 meses. Assim, os dados utilizados para esta análise corresponderam a 134 canais, 60 correspondentes a MTA Cinzento e 74 correspondentes a MTA Branco.

4.3.1. Pontes dentinarias

Ao comparar a resposta manifestada como formação de pontes dentinarias nos canais tratados com MTA Cinzento e nos canais tratados com MTA Branco obtém-se que, globalmente, a percentagem de pontes dentinarias é maior nos canais expostos ao MTA Cinzento que nos canais expostos ao MTA Branco. Esta diferença foi estatisticamente significativa a 95% ($p=0,029$).

No Gráfico 7 representam-se as percentagens de pontes dentinarias encontradas aos 6, 12, 24 e 30 meses tanto com MTA Cinzento como com MTA Branco.

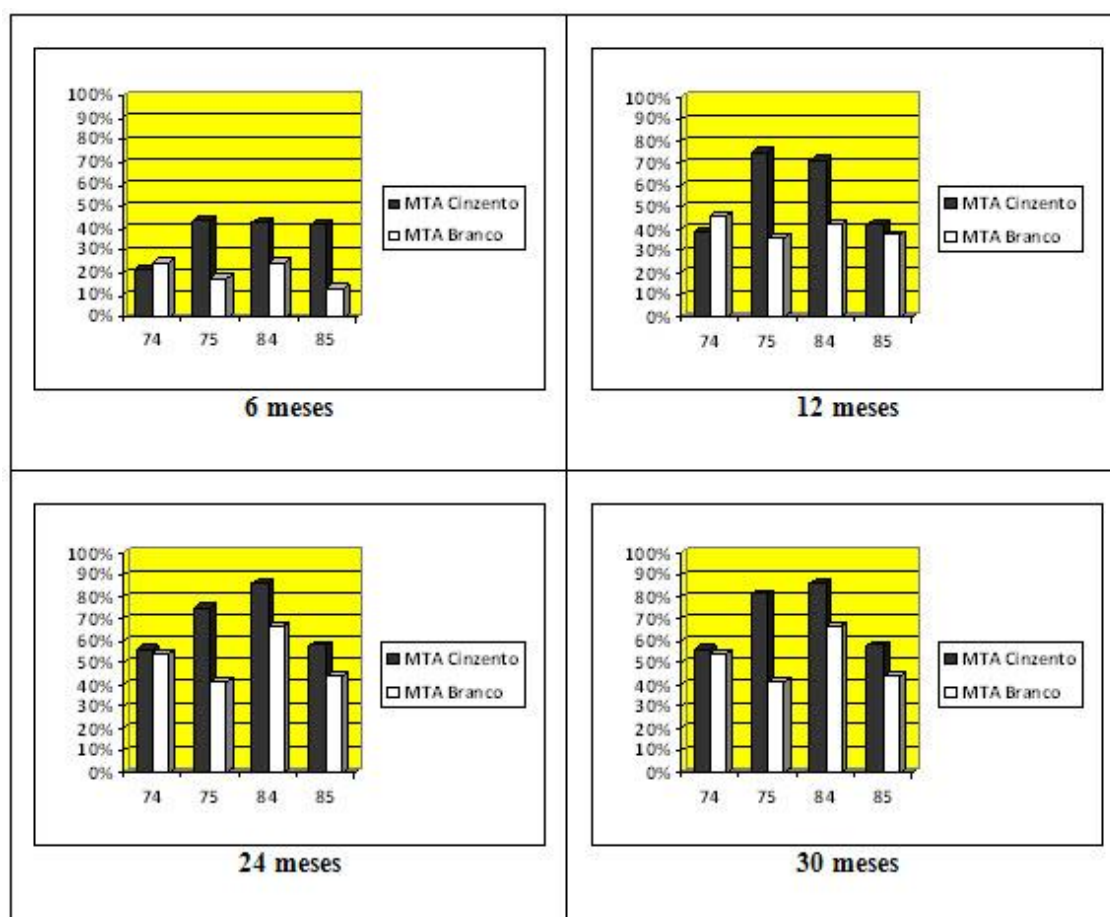


Gráfico 7. Representação gráfica da percentagem de pontes dentinarias observadas nos distintos molares tratados com MTA Cinzento ou MTA Branco ao longo de 30 meses de evolução.

Analisando o perfil de comportamento dos dois tipos de MTA Cinzento e Branco não se obtiveram diferenças significativas a 95% no comportamento dos dois tipos de MTA, Cinzento e Branco, ao longo do tempo (*Gráfico 8*).

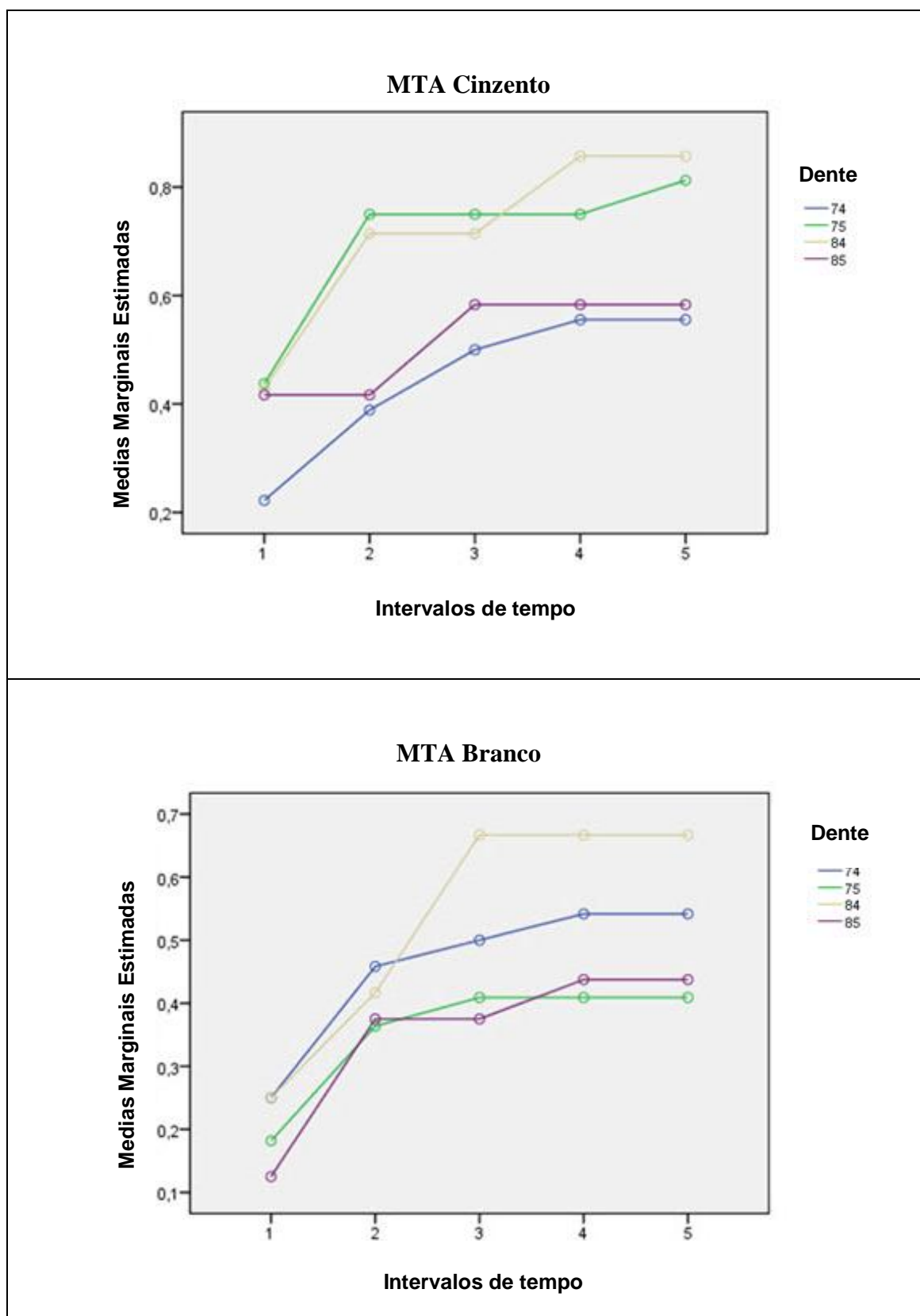


Gráfico 8. Representação gráfica da evolução do perfil de resposta de pontes dentinarias ao longo do tempo, segundo o molar, para o MTA Cinzento e MTA Branco.

4.3.2. Estenose radicular

Avaliando os resultados obtidos para a presença de estenose radicular em função do tipo de MTA utilizado, Cinzento ou Branco, independentemente do tipo de molar (74, 75, 84 e 85) observamos que ao longo do estudo os canais tratados com MTA Cinzento exibiram uma maior percentagem de estenose radicular que os canais tratados com MTA Branco mas sem que existissem diferenças estatisticamente significativas (Gráfico 9).

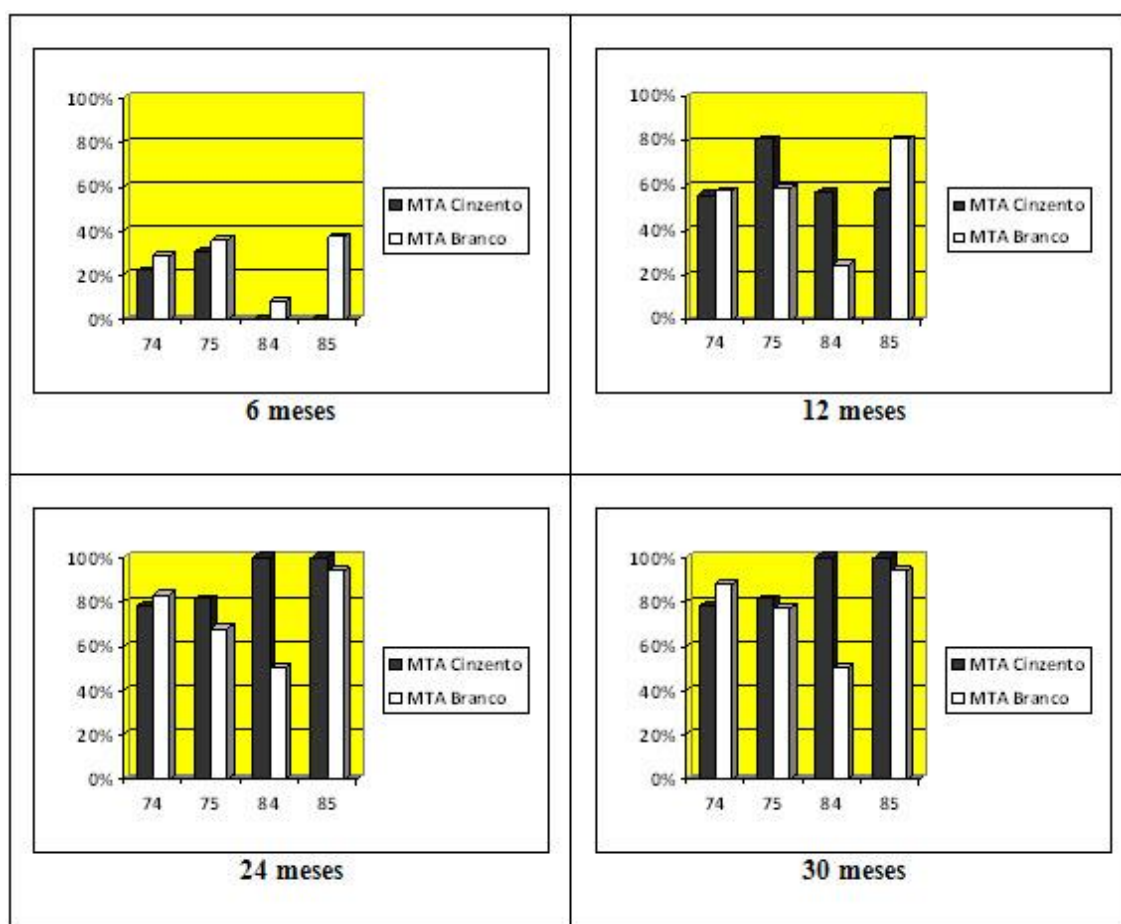


Gráfico 9. Representação gráfica da percentagem de estenose radicular observada nos distintos molares tratados com MTA Cinzento ou MTA Branco ao longo de 30 meses de evolução.

Da comparação do perfil de comportamento do MTA Cinzento e do MTA Branco, em relação à resposta manifestada como estenose radicular, unicamente se encontraram diferenças estatisticamente significativas nos molares inferiores do lado direito, primeiro ($p=0,005$) e segundo ($p=0,024$) (*Gráfico 10*).

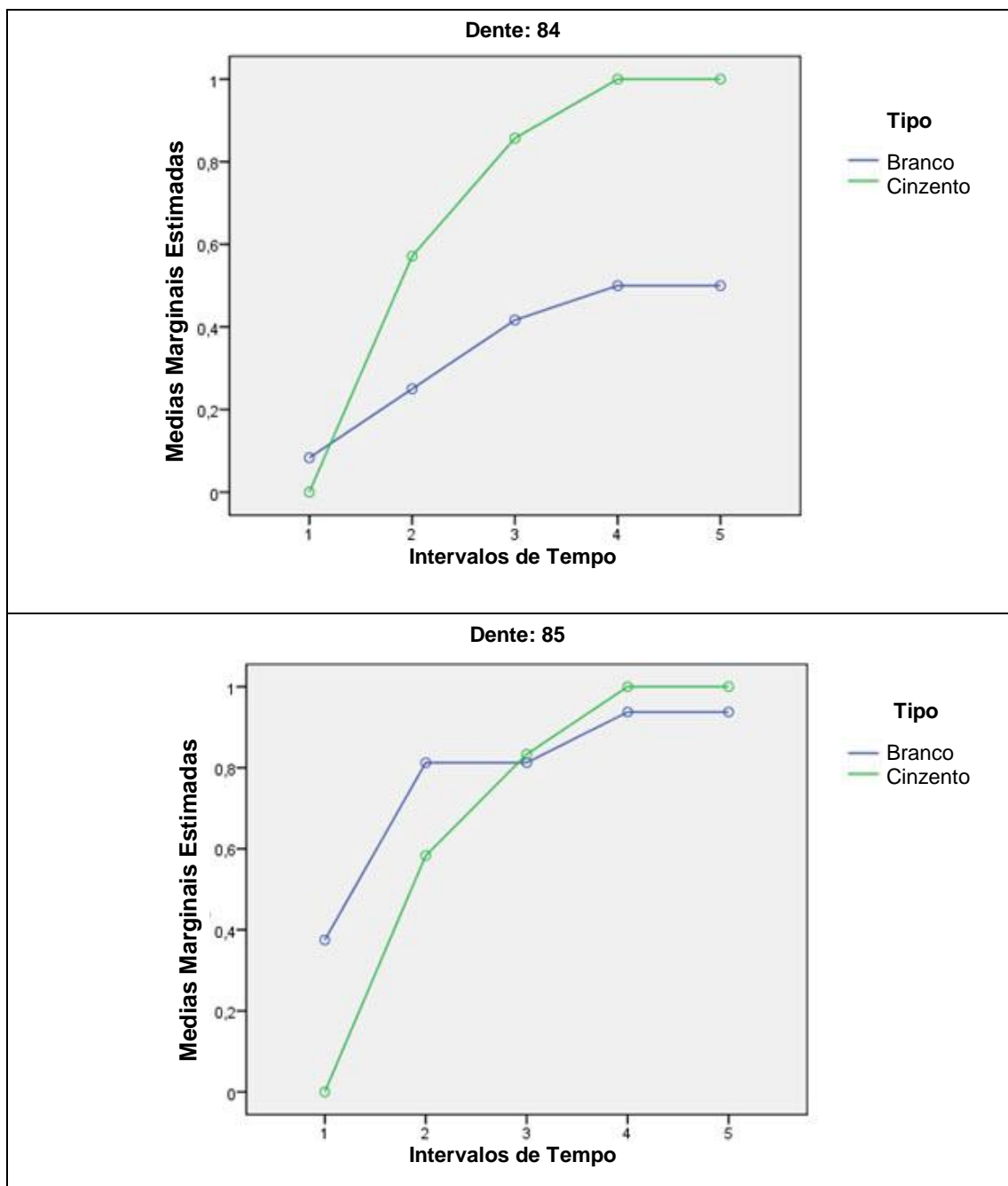


Gráfico 10. Representação gráfica da evolução do perfil de resposta de estenose radicular ao longo do tempo nos primeiros molares inferiores direitos (84) e segundos molares inferiores direitos (85) tratados com MTA Cinzento ou MTA Branco.

4.4. Morfologia dos pré-molares

No desenho do estudo teríamos gostado de obter os dados referidos à cronologia de esfoliação dos molares em que se utilizava tanto o MTA Cinzento como o MTA Branco, comparando-os com os correspondentes molares contra-laterais.

Do mesmo modo apresentava interesse recolher os dados referidos à cronologia e sequência dos pré-molares que substituíram os molares temporários tratados com MTA, no entanto a análise preliminar do universo do estudo fez ver que com os dados disponíveis não era possível cobrir estes objectivos. No entanto durante o tempo de compilação dos dados (9 meses) comprovou-se a esfoliação fisiológica de 56 molares, 37 tratados com MTA Cinzento e 19 tratados com MTA Branco.

A distribuição dos molares que se esfoliaram fisiologicamente durante o tempo de compilação dos dados recolhe-se na Tabela 9 especificando molar esfoliado e tempo transcorrido desde a realização da pulpotomia. A distribuição por molares e a dispersão no tempo não permitem fazer nenhuma análise estatística, no entanto, foi possível analisar a morfologia dos pré-molares que erupcionaram e nenhum destes casos apresentou sinais de alteração de cor, estrutura ou posição. (Figuras 9, 10 e 11)

MTA Cinzento			MTA Branco		
Dente	N	Tempo (meses)	Dente	N	Tempo (meses)
54	1	18	54	1	12
	1	42		1	36
	1	54	55	1	12
	1	42		1	42
55	2	42	64	1	18
	1	54		1	30
	1	72		1	36
64	2	24	65	0	-
	1	30	74	1	36
	1	36		1	42
	2	54		1	48
65	1	42		1	54
	1	54	75	1	12
74	2	18		2	24
	1	30		1	36
	1	36		1	42
	1	42		1	48
	1	48	84	1	36
	1	54	85	1	12
	1	66	Total		19
	1	78			
75	2	30			
	1	48			
	1	60			
	1	84			
84	1	36			
	1	42			
	1	54			
	1	72			
	1	78			
85	1	30			
	1	42			
Total	37				

Tabela 9. Contagem dos molares que esfoliaram fisiologicamente em função do tipo de MTA utilizado, especificando o molar e o tempo transcorrido desde a realização do tratamento até à sua esfoliação.

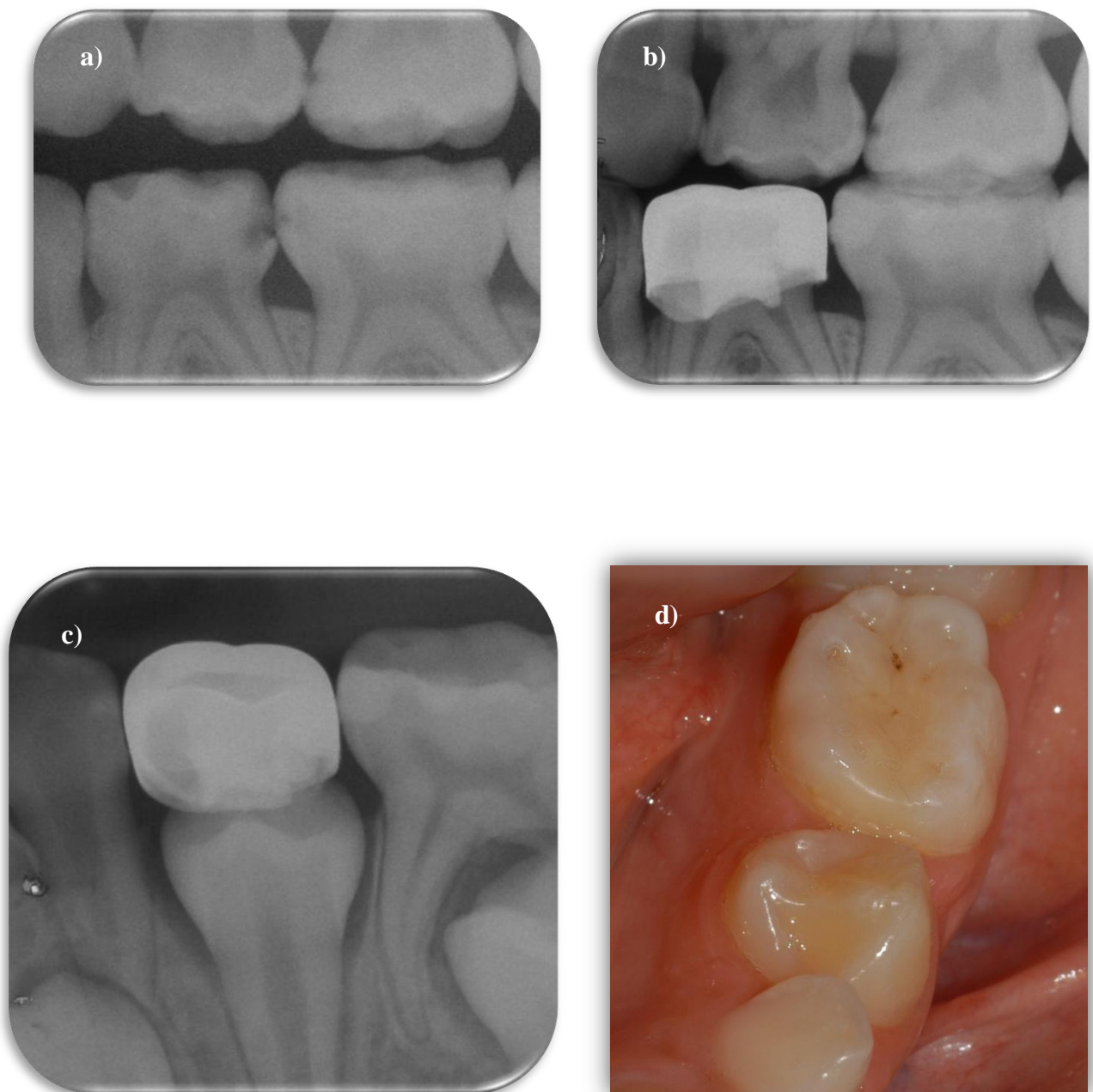


Figura 9. *a) Imagem radiográfica prévia ao tratamento de pulpotomia. b) Imagem radiográfica da revisão 6 meses depois do tratamento de pulpotomia com MTA Cinzento. c) Imagem radiográfica da revisão 16 meses depois do tratamento de pulpotomia d) Imagem clínica dos pré-molares sucessores em boca realizada 8 anos depois do tratamento.*

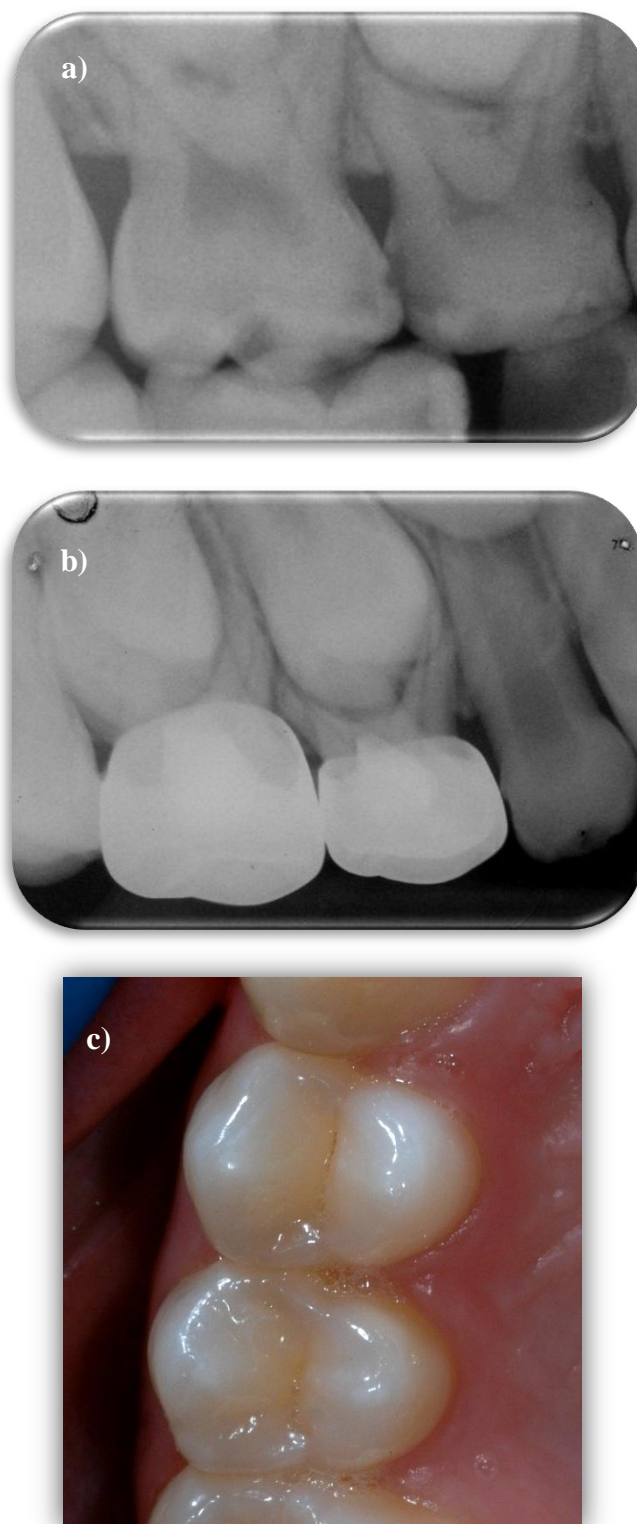


Figura 10. *a) Imagem radiográfica prévia ao tratamento de pulpotomia. b) Imagem radiográfica da revisão 6 meses depois do tratamento de pulpotomia com MTA Cinzento. c) Imagem clínica dos pré-molares sucessores em boca realizada 6 anos depois do tratamento.*

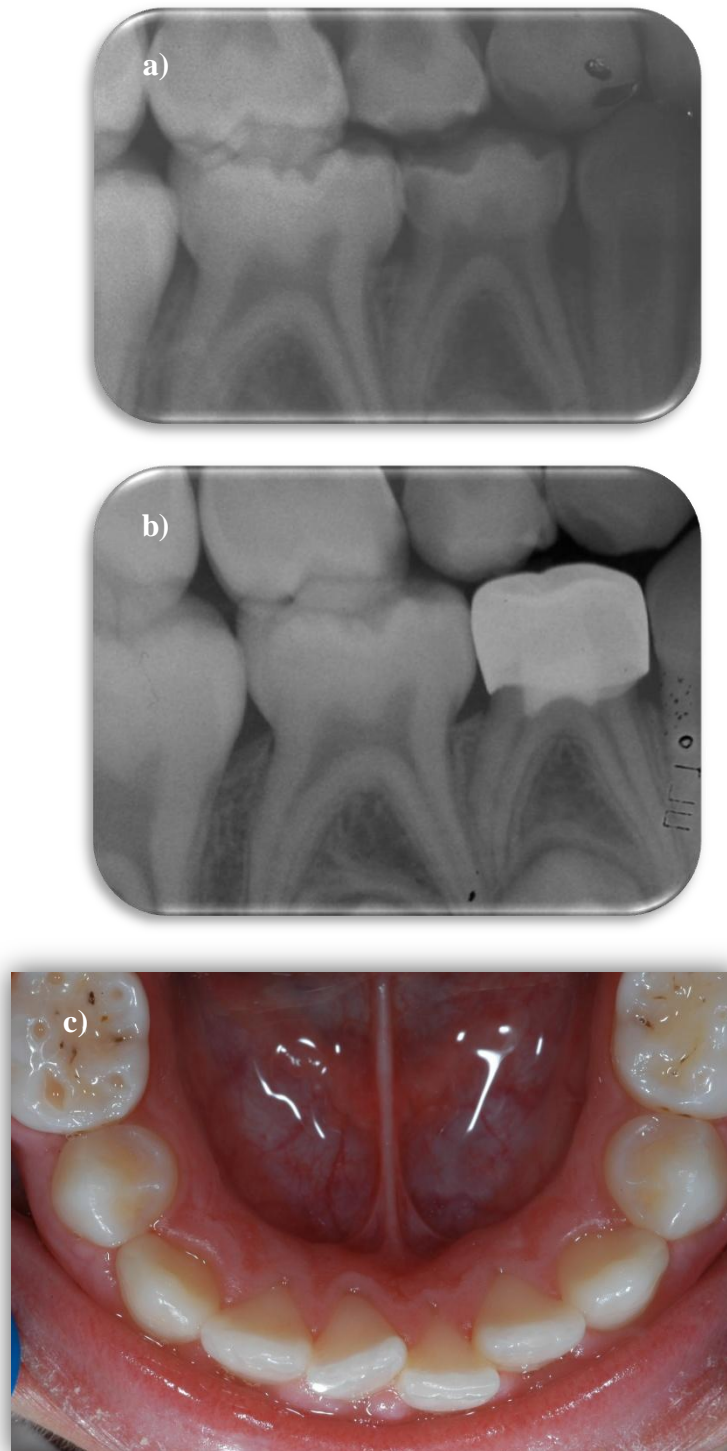


Figura 11. *a) Imagem radiográfica prévia ao tratamento de pulpotomia. b) Imagem radiográfica da revisão 6 meses depois do tratamento de pulpotomia com MTA Branco. c) Imagem clínica dos pré-molares sucessores em boca realizada 6 anos depois do tratamento. Observa-se a ausência de sinais de alteração de cor, estrutura ou posição em comparação com o contra-lateral.*

5. Discussão

5. Discussão

A pulpotomia é o tratamento pulpar mais frequentemente realizado em dentes temporários, o que leva a que, uma vez que sobre o formocresol foram descritas propriedades tóxicas, mutagénicas e carcinogénicas, muitos especialistas em Odontopediatria continuem a investigar uma alternativa que possa substituir o formocresol nestes tratamentos. Este material deveria permitir um nível de êxito clínico e radiográfico igual ou superior ao demonstrado com a aplicação do formocresol e sobretudo deveria ser mais biocompatível e não tóxico (13, 182, 187).

O MTA foi proposto como um medicamento para diversos tratamentos pulpares em dentes permanentes, como recobrimento pulpar, apexificação, reparação de perfurações radiculares, etc., e demonstrou resultados muito bons (13, 57, 106, 135, 165-177). Com base em características como a sua biocompatibilidade e capacidade de selamento, efectuaram-se diversos estudos para avaliar a sua eficácia como agente em pulpotomias de molares temporários (11-13, 182, 184-192). Até estes estudos realizados com MTA, nenhum dos produtos propostos como alternativas ao formocresol demonstrou uma eficácia superior, ou melhores resultados clínicos em pulpotomias de dentes temporários (21, 83).

5.1. Considerações acerca do material e método do estudo

A amostra seleccionada para este trabalho, com base aos critérios de inclusão/exclusão, constava inicialmente de 233 molares. Dado que 23 molares correspondiam a pacientes que se perderam, a amostra final do estudo foi de 210 molares, que se avaliaram periodicamente durante um tempo máximo de 84 meses depois de realizado o tratamento pulpar mediante pulpotomia com Agregado Trióxido Mineral.

Este tamanho de amostra supera amplamente os referidos na maioria dos estudos publicados acerca da investigação clínica da aplicação de MTA em tratamentos de pulpotomia em dentes temporários humanos, tanto no tamanho da amostra como no tempo de seguimento. Esta diferença é marcada inclusivamente com autores que parecem ter ampla experiência investigadora em estudos semelhantes ao realizado por nós. Assim, autores como Eidelman e cols. (182) estudaram os efeitos terapêuticos do MTA em 32 molares, 15 destes tratados com o material formocresol e 17 com MTA, por um tempo máximo de seguimento de 25 meses, mostrando-se os resultados dos tratamentos com MTA de 9 molares estudados durante um máximo de 6 a 12 meses, de 3 molares estudados durante um máximo de 13 a 18 meses, de 4 estudados durante um máximo de 19 a 24 meses e de um deles estudado durante 25 meses; Agamy e cols. (185) compararam os resultados obtidos com a utilização de MTA Cinzento, MTA Branco ou formocresol em pulpotomias de 60 molares temporários por um período de 12 meses; Holan, Eidelman e Fuks (186) realizaram a avaliação de 33 pulpotomias em molares temporários tratados com MTA e 29 molares tratados com formocresol, com um tempo médio de seguimento de 38,2 meses; Naik e Hedge (172) realizaram o seguimento de 25 molares temporários com tratamento de pulpotomia com MTA durante 6 meses. No estudo de Farsi e cols. (187) a amostra inicial estava constituída

por 120 molares temporários, 60 tratados com formocresol e 60 tratados com MTA, mas os resultados avaliados foram os correspondentes a 74 molares que voltaram às revisões durante 24 meses; Caceido e cols. (188) estudaram 11 molares temporários seguidos até 6 meses depois do tratamento, momento em que foram extraídos para avaliação histológica; Aeinehchi e cols. (189) compararam os resultados obtidos após a realização de tratamentos de pulpotomia em 100 molares temporários, 43 com MTA e 57 com formocresol, por um período de seguimento de 6 meses; Moretti e cols., além de publicarem um estudo no qual realizaram o seguimento de um molar temporário tratado de pulpotomia com MTA durante 24 meses (190), publicaram também outro estudo clínico em que compararam a efectividade do MTA e do hidróxido de cálcio com a efectividade do formocresol em 45 molares temporários, 15 em cada grupo de estudo, durante um período de 24 meses (191); na investigação de Sonmez e cols. (193) foram comparados os resultados obtidos nas pulpotomias de molares temporários, 15 tratados com MTA, 13 tratados com formocresol, 15 tratados com sulfato férrico e 13 tratados com hidróxido de cálcio; Noorollahian (192) comparou os resultados de pulpotomias realizadas em molares temporários, 30 tratados com MTA Branco e 30 tratados com formocresol. Na revisão realizada 12 meses depois do tratamento foram avaliados 53 molares do total de molares estudados e 36 molares na revisão realizada aos 24 meses.

Quanto aos critérios de selecção, elegeram-se todos aqueles molares, tanto primeiros como segundos; superiores e inferiores, nos quais se tinha realizado o tratamento de pulpotomia com MTA, Cinzento ou Branco, em pacientes que não apresentaram patologias ou tratamentos farmacológicos que pudessem interferir no estudo, para evitar viés nos resultados.

No que se refere à técnica de pulpotomia, foi utilizada técnica mais frequentemente descrita pela maioria dos autores de pulpotomia com formocresol, mas

com a diferença de que se tinha aplicado MTA em lugar do formocresol. Assim, as etapas de anestesia, isolamento, talhado, eliminação total da cárie, abertura da câmara e controlo da hemorragia, tinham-se realizado do mesmo modo e com o mesmo instrumental que o descrito para a técnica convencional, para evitar incorporar outras variáveis no estudo (15, 27, 29). De facto, na maioria dos estudos clínicos nos quais se aplicaram outros materiais ou sistemas em vez do formocresol, também se utilizou esta técnica de modo muito parecido (32, 66, 67).

Para a aplicação do MTA na cavidade pulpar, procedeu-se do mesmo modo que nos estudos de Eidelman e cols. (182), Agamy e cols. (185), Naik e cols. (172), Holan e cols. (186) e Farsi e cols. (187). O tratamento de pulpotomia e a restauração com a coroa metálica pré-formada tinham-se realizado numa só sessão, como na maioria das investigações sobre pulpotomia de molares temporários com MTA disponíveis na literatura (182, 185-187, 191). Outros investigadores seguiram protocolos distintos, em relação à sequência de tratamento, realizando a restauração com a coroa numa sessão diferente, por exemplo, 24 horas depois (172, 192, 193) ou inclusivamente 8 dias depois do tratamento de pulpotomia (188).

Uma diferença fundamental entre a técnica de pulpotomia realizada nos molares constituintes da amostra da presente investigação com respeito a outros estudos publicados é que o selamento da câmara pulpar se tinha realizado com a aplicação de cimento de ionómero de vidro sobre o MTA, seguido de uma coroa metálica pré-formada, evitando a utilização de óxido de zinco-eugenol, utilizado por outros autores como Eidelman (182) e Agamy (193), já que este material pode ser irritante para a polpa. Apesar de o MTA apresentar um tempo de endurecimento de 3 a 4 horas, quando se aplica uma camada de ionómero de vidro fotopolimerizável para preencher a câmara pulpar, antes da colocação da coroa metálica pré-formada, o endurecimento do MTA

ocorrerá igualmente já que o material se encontra em contacto com a humidade da polpa radicular.

Para evitar viés nos resultados, decidiu-se estudar unicamente o tratamento em molares temporários e não em incisivos nem caninos. Isto deve-se a que, em primeiro lugar, as características morfológicas e de função são diferentes entre estes grupos dentários e, por tanto, poderia introduzir variáveis nos resultados. Além disso o método de restauração teria sido diferente, posto que nos dentes do grupo anterior as restaurações costumam realizar-se mediante materiais estéticos como a resina composta, enquanto nos molares se recomenda a utilização de coroas metálicas pré-formadas. Já que o êxito dos tratamentos de pulpotomia não depende unicamente do efeito do material utilizado, mas está directamente relacionado com a capacidade de ambos os materiais, de preenchimento e de restauração definitiva, para alcançar um bom selamento biológico frente a microinfiltrações imediatas ou a longo prazo em toda a interface da restauração, decidiu-se obturar todos os molares mediante coroa metálica pré-formada, dado que é o método mais adequado para alcançar um bom selamento e uma longa durabilidade do molar tratado (27-29). De facto, na grande maioria das investigações clínicas em humanos acerca do tratamento de pulpotomia com diferentes materiais, a análise foi realizada unicamente em molares e não em dentes do grupo anterior e a obturação final realizou-se com coroa metálica pré-formada (11-13, 23, 27, 32, 51, 54, 63, 83, 172, 182, 187, 192). No entanto, podem-se encontrar diversos estudos nos quais a obturação foi realizada com outros materiais, como por exemplo resina composta (186, 188), amálgama ou ionómero de vidro (189-191, 193).

5.2. Considerações acerca dos resultados do estudo

Em qualquer estudo, o resultado de um tratamento está determinado, em grande medida, pelo critério utilizado para determinar quando um determinado procedimento terapêutico foi um êxito ou um fracasso (188). Neste sentido, os critérios de êxito e fracasso das pulpotomias eleitos para avaliar os resultados deste estudo basearam-se nos parâmetros, considerados válidos e estabelecidos pela maioria dos autores em estudos clínicos prévios, avaliando os resultados em base a critérios de êxito clínico e critérios de êxito radiológico (11, 12, 172, 182, 193).

5.2.1. Avaliação do êxito do tratamento pulpar

Resposta clínica

A maioria dos autores consideram que um tratamento de pulpotomia representa um êxito clínico se, nas revisões, o paciente não refere sintomas de dor espontânea ou à percussão, nem se observa a presença de abscesso ou tumefacção, nem mobilidade não fisiológica (23, 32, 67).

Na nossa investigação, os molares tratados com MTA Cinzento apresentaram um êxito clínico de 100%, uma vez que não se detectaram em nenhum dos molares, durante as revisões sucessivas, sinais clínicos considerados como fracasso do tratamento. Este resultado coincide com os obtidos por Maroto e cols. para um tempo de seguimento de 6 meses (12) e 36 meses (13). Também com um tempo de seguimento de 6 meses, Naik e Hedge (172), Caceido e cols. (188) e Aeinehchi e cols. (189), obtiveram um êxito clínico de 100% na utilização de MTA Cinzento em pulpotomias de molares temporários. Para um tempo de seguimento de 12 meses também foi obtido êxito clínico

de 100% por Agamy e cols. (185), assim como para tempos de seguimento de 24 meses por Farsi e cols. (187) e Noorollahian (192).

Os molares tratados com MTA Branco apresentaram um êxito clínico de 93%, detectando-se 2 casos de abscesso e mobilidade não fisiológica: um primeiro molar superior esquerdo (54) e um segundo molar superior esquerdo (55), que apresentaram abscesso na revisão dos 12 e 36 meses, respectivamente. Este resultado foi algo inferior ao encontrado por Maroto e cols. (11) provavelmente porque, nesse estudo, os resultados do seguimento referem-se aos 6 meses em que obtiveram um êxito clínico de 100%, assim como por Noorollahian (192) num seguimento de 24 meses em que o êxito clínico foi também de 100%. No entanto, o nosso resultado foi superior ao obtido por Agamy e cols. (185) que alcançaram um êxito clínico de 80% num tempo de seguimento de 12 meses. Com o que expressamos anteriormente é fácil admitir que a utilização do MTA, em pulpotomias de molares temporários, apresenta resultados clínicos muito favoráveis. No entanto, é necessário ter em conta, além da exploração clínica, os resultados da exploração radiográfica e, quando é possível, de uma avaliação histológica. Caceido e cols., num exame histológico realizado a molares temporários aos que tinham realizado um tratamento de pulpotomia com MTA, observaram que, apesar de clínica e radiograficamente não se apresentaram sinais patológicos ou de fracasso do tratamento, histologicamente observaram imagens que indicavam que a polpa não se encontrava totalmente sã, apresentando algum grau de inflamação. No entanto, estes mesmos molares permaneceram clinicamente viáveis até ao momento da sua extracção (190). No nosso estudo não se planificou nem realizou comprovação histológica.

Um achado clínico registado por diversos autores na avaliação de dentes tratados com MTA Cinzento é a presença de manchas dentárias posteriormente ao tratamento

(172, 195). Com o MTA Branco, apesar de que na literatura científica não se tenham referido registos de casos de manchas dentárias, na nossa prática clínica pudemos observar o aparecimento das referidas manchas em incisivos, caninos e molares temporários nos quais tínhamos realizado pulpotomias com MTA Branco. A nossa evidência de manchas em molares foi em 2 casos em que, por conveniência clínica, não se colocaram coroas pré-formadas. Estes molares não foram incluídos na amostra do estudo. Como todos os molares constituintes da amostra do presente estudo foram obturados com coroas metálicas, não podemos avaliar as manchas, no entanto, consideramos que o facto de que o MTA Branco também produzir manchas, como foi descrito no Cinzento, nas pulpotomias de molares temporários não resultaria num problema estético, uma vez que se recomenda a sua restauração com uma coroa metálica pré-formada (11-13, 172, 186).

Resposta radiológica

O êxito radiológico determina-se pela ausência de imagens radiolúcidas de reabsorção externa acelerada ou interna, de reabsorção na área da furca e de alteração do espaço periodontal (23, 32, 66).

Relativamente às imagens radiológicas de reabsorção interna, alguns autores como Strange DM e cols. (51) consideram que se pode considerar como êxito radiológico apesar de que exista imagem de reabsorção interna radicular, dado que, segundo eles, este fenómeno não indica forçosamente que o molar com pulpotomia fracasse clinicamente e pode perdurar no tempo cumprindo a suas funções na cavidade oral. No estudo em que estes autores analisaram pulpotomias de 196 molares temporários, estabelecem dois níveis de êxito: um de 90% se se inclui nos critérios de

êxito a presença de reabsorções internas radiculares, e outro de 79% se este critério é excluído. Outros autores como Moretti e cols. (191) e Eidelman e cols. (182) consideram que não se podem incluir este tipo de reacções patológicas na definição de tratamento com êxito. No entanto, admitem que nem todos os achados patológicos nos dentes temporários requerem intervenção uma vez que a sobrevivência do dente temporário pode não estar necessariamente afectada, assim como o sucessor permanente (182).

Na análise das radiografias realizadas durante as revisões efectuadas cada 6 meses foi possível observar que, em todos os molares da amostra, o MTA permaneceu como material de preenchimento da câmara pulpar, durante todo o estudo, sem mostrar sinais de reabsorção ou deslocamento ao longo do tempo. A falta de adaptação do material à cavidade pulpar ou o seu deslocamento podem condicionar o prognóstico do tratamento, como puderam observar outros autores que verificaram histologicamente a existência de necrose pulpar em molares com pulpotomia nos quais tinha ocorrido deslocamento ou má adaptação do MTA (188).

Na presente investigação, todos os molares tratados com MTA Cinzento mostraram uma ausência de imagens radiológicas consideradas patológicas, resultando num êxito radiográfico de 100%. Este resultado coincide com o resultado da maioria das publicações revistas sobre a aplicação de MTA Cinzento em pulpotomias de molares temporários, apesar de com distintos tempos de seguimento (12, 13, 172, 182, 185). Contrariamente a estes estudos, no estudo de Holan e cols. a percentagem de êxito radiográfico obtida ao fim de 38,2 meses de media de seguimento foi de 97% apesar de se poder estimar que a diferença não é muito notável para um tempo de seguimento tão longo (186).

A percentagem de êxito radiográfico para pulpotomias realizadas com MTA Branco obtido na presente investigação foi de 93%. Os restantes 7% apresentaram reabsorções internas. Apesar de que as reabsorções internas se considerem como fracasso radiográfico, alguns dos molares que apresentaram esta patologia não foram tratados imediatamente, mas mantidos para observação nas consultas de seguimento. Esta aproximação foi adoptada uma vez que os dentes estavam assintomáticos e não demonstraram sinais de fracasso clínico, critério também adoptado por outros autores em situações semelhantes (191). Num estudo de outros autores em que comparavam a aplicação de MTA com a aplicação de hidróxido de cálcio em pulpotomias de molares temporários, puderam comprovar que as reabsorções em dentes tratados com hidróxido de cálcio, ao contrário das reabsorções internas observadas em dentes tratados com MTA, progrediam continuamente, permitindo detectar alterações ósseas assim como sinais e sintomas clínicos nas consultas de seguimento. Nestes casos, os autores procederam à extracção dos dentes afectados (191).

A percentagem de êxito radiográfico obtido na presente investigação foi superior ao encontrado por Agamy e cols. num seguimento de 12 meses, em que registaram uma taxa de êxito radiográfico de 80% (185) e similar ao obtido por Noorollahian (192) (94%) num seguimento de 24 meses, apesar de que, neste caso, o autor tenha avaliado unicamente segundos molares temporários, justificando esta opção com a diferença entre as taxas de êxito de pulpotomias realizadas em primeiros (61%) e segundos (83%) molares temporários obtidas por Vij e cols. (22).

No entanto, o valor obtido no presente estudo foi inferior ao registado por Maroto e cols. (11) numa investigação anterior na que obtiveram um êxito radiográfico de 100%. Não obstante, a diferença encontrada entre estas duas investigações pode

dever-se aos distintos tempos de seguimento, que no nosso trabalho foi bastante superior ao de Maroto (11).

Sonmez e cols., ao comparar a taxa de êxito por eles obtida em tratamentos de pulpotomia com MTA com a taxa de êxito de outros autores também sugerem que uma possível justificação para o menor valor por eles obtido possa ser o maior tempo de seguimento que apresentou o seu estudo. No entanto, estes autores realizaram um estudo com um tempo de seguimento de 24 meses, ao final do qual obtiveram uma taxa de êxito de 67%, percentagem bastante inferior ao da presente investigação (93%) e num menor tempo de seguimento, que no caso deles foi de 24 meses (193).

Comparação da resposta pulpar num e noutro grupo

Na análise dos resultados da nossa investigação foi possível observar que o nível de êxito clínico e radiográfico obtido com a utilização de MTA Cinzento ou MTA Branco é distinto: com a utilização de MTA Cinzento os níveis de êxito clínico e radiográfico são superiores. Esta diferença foi também evidenciada no estudo de Agamy e cols. (182) no qual realizaram a comparação entre 2 grupos de molares temporários tratados de pulpotomia com MTA Cinzento ou MTA Branco obtendo um nível de êxito mais elevado nos molares tratados com MTA Cinzento. Estes autores sugerem que a diferença de composição do MTA Cinzento e Branco, em particular a presença de aluminato férrico tetracálcico no MTA Cinzento, pode contribuir para a diferença entre os valores de êxito obtidos em pulpotomias com um ou outro tipo de MTA (182). Na análise histológica realizada por estes autores, o tecido pulpar de muitos dos molares que tinham sido tratados com MTA Branco apresentou áreas de necrose pulpar e mais células inflamatórias que os molares tratados com MTA Cinzento (182).

5.2.2. Evidência de formação de dentina reparadora

A análise dos resultados da exploração radiográfica realizada no nosso estudo demonstrou sinais de formação de dentina reparadora nos canais radiculares dos molares estudados. Esta manifestação foi avaliada pela formação de pontes dentinárias no limite da amputação pulpar, assim como um fenómeno de estreitamento progressivo dos canais radiculares.

Foi demonstrado em diversos estudos que o MTA é um material com capacidade para estimular a formação de tecidos duros como osso, cimento e dentina (102, 103). Foi visto que quando permanece em contacto com polpa dentária vital, estimula a formação de dentina. Esta capacidade do MTA baseia-se principalmente em três características que permitem que a polpa tenha condições favoráveis de reparação mediante a formação de dentina reparadora: a sua biocompatibilidade, o seu pH básico e a sua elevada capacidade de selamento (88, 101, 102). Esta indução de neodentina põe de manifesto que a vitalidade da polpa radicular se mantém após o tratamento de pulpotomia com MTA, sem a qual não existiria tal estimulação celular e que, por tanto, se cumpre com um dos objectivos do tratamento de pulpotomia que é manter a polpa dos canais radiculares sã.

Cabe destacar que os processos de formação dentinária foram detectados radiologicamente tanto em molares superiores como em inferiores. No entanto, para a análise estatística, realizou-se a contagem dos referidos sinais unicamente nos canais radiculares inferiores, para evitar resultados erróneos devidos à sobreposição de estruturas anatómicas nas imagens radiológicas da arcada superior. Foram seguidos os critérios de outros autores que tinham sugerido realizar esta avaliação unicamente nos molares inferiores. Por exemplo Strange DM (51), num estudo retrospectivo de

pulpotomias, no qual observou que os valores obtidos como resultados acerca da detecção de estenose radicular eram superiores nos molares inferiores em comparação com os superiores, considerou que esta diferença poderia ser devida a que existe uma maior dificuldade na leitura dos resultados nas radiografias da arcada superior, devido à sobreposição de imagens (51).

Pontes dentinarias

A formação de pontes dentinarias na zona adjacente ao MTA colocado em contacto com os remanescentes pulpaes encontra-se descrita em diversos artigos científicos como um achado indicador de êxito. Na realidade, a formação de dentina reparadora é um sinal ou consequência de processos de reparação na polpa dentária. No entanto, há autores que sugerem que, depois de uma tentativa inicial da polpa para eliminar a agressão, o processo de protecção ou de reacção pode fracassar originando um fracasso clínico (32). De facto, Caceido e cols. observaram histologicamente a presença de pontes dentinarias em 2 molares tratados de pulpotomias com MTA cujas polpas estavam necróticas. Os autores explicam que nestes molares as pontes dentinarias devem-se ter formado previamente à necrose, indicando a existência de vitalidade pulpar anteriormente, o que justifica a hipótese de que as pontes dentinarias se formam como resposta a uma irritação e/ou inflamação pulpar ou, em alternativa, devido a uma estimulação por parte do material aplicado em contacto com a polpa exposta (188).

Na presente investigação nenhum dos molares nos quais se tenha observado a presença de pontes dentinarias apresentou sinais de fracasso clínico ou radiográfico. Neste sentido, a sua presença foi categorizada como êxito radiográfico.

Aproximadamente um terço (31,7%) dos canais de molares inferiores temporários tratados com MTA Cinzento evidenciou a presença de pontes dentinarias, passados 6 meses desde o tratamento. Este resultado foi muito superior ao obtido por Naik e Hedge (172) e Caceido e cols. (188) que, em estudos com um tempo máximo de seguimento de 6 meses, não detectaram radiologicamente a presença de pontes dentinarias em nenhum dos molares tratados de pulpotomia com MTA Cinzento. Caceido e cols. (188), em virtude deste resultado, afirmam que a presença de pontes dentinarias não se pode determinar radiograficamente, já que no seu estudo unicamente puderam observar a sua presença na análise histológica. Na presente investigação, e em outras investigações, a presença de pontes dentinarias foi observada nas radiografias realizadas 6 meses depois do tratamento, demonstrando que se pode utilizar esta prova diagnóstica para a quantificação de pontes dentinarias (11, 12, 182). Maroto e cols. observaram uma percentagem de pontes dentinarias presentes 6 meses depois do tratamento ainda mais elevada que a observado na presente investigação, detectando radiograficamente a sua presença em 55% dos canais tratados (12).

Aos 12 meses aproximadamente metade dos canais (51,4%) apresentavam pontes dentinarias visíveis. O único estudo que encontramos na literatura científica sobre pulpotomias com MTA Cinzento em molares temporários, com um tempo de seguimento de 12 meses, foi o de Agamy e cols. (185). No entanto, neste estudo os autores não fazem referência concreta à percentagem de pontes dentinarias presentes, referindo unicamente a percentagem de obliteração dos canais pulpaes observados.

Nas avaliações sucessivas realizadas no nosso estudo, o padrão de visualização de pontes dentinarias foi incrementando até que nos dados recompilados aos 30 meses as pontes se visualizavam em mais de duas terceiras partes dos canais estudados (70%). Aos 36 meses, foi comprovada a presença de pontes dentinarias em 75% dos canais.

Maroto e cols., para o mesmo tempo de seguimento, registaram uma maior percentagem de pontes dentinarias, observando a existência desta barreira de dentina em 81% dos canais (13).

Com um tempo de seguimento de 40 meses, Holan e cols. (186) detectaram uma percentagem de pontes dentinarias inferior à registada na presente investigação, registando a sua presença em apenas 3% dos molares tratados, frente aos 79% que registamos na avaliação realizada 42 meses depois dos tratamentos de pulpotomia.

O padrão de incremento na presença de pontes dentinarias manteve-se ao longo do tempo até alcançar a totalidade dos canais nos dados recolhidos aos 84 meses, momento no qual foram avaliados 10 canais tratados com MTA Cinzento, com uma percentagem de pontes dentinarias observadas de 100%.

O padrão de formação de pontes dentinarias nos molares tratados com MTA Cinzento, nos primeiros molares temporários foi similar ao da amostra total. No entanto, a comparar os dados correspondentes aos primeiros molares direitos com os esquerdos apreciam-se percentagens diferentes entre um e outro lado, com um número de pontes dentinarias presentes mais elevado no lado direito, resultado para o qual não possuímos explicação científica actualmente. Os segundos molares, quando foram avaliados conjuntamente, também mantiveram o mesmo padrão de frequências que a amostra total. Neste caso, ao contrário dos primeiros molares, não foi observado nenhum predomínio direita/esquerda.

Na literatura científica disponível actualmente não encontramos nenhum artigo de investigação sobre a utilização do MTA Cinzento em pulpotomias de molares temporários com um tempo de seguimento tão amplo como o do nosso estudo e que permitisse estabelecer a comparação com os nossos resultados. Ressalta-se a

importância da presente investigação, uma vez que até à actualidade não existe registo de um estudo a tão longo prazo e com um tamanho de amostra comparável ao que apresentamos nesta investigação.

Nos canais tratados com MTA Branco foi possível observar a presença de pontes dentinarias em 18,35% dos canais, 6 meses depois do tratamento de pulpotomia. Maroto e cols., para o mesmo tempo de seguimento, observaram a presença de pontes dentinarias em 11% dos canais (12). Doze meses depois do tratamento observaram-se pontes dentinarias em 43,75%. Também no caso do MTA Branco, Agamy e cols. (185), no único artigo com um tempo de seguimento de 12 meses, não fazem referência à percentagem de pontes dentinarias observadas, não permitindo a comparação com o nosso resultado.

Aos 24 meses de seguimento registamos a presença de pontes dentinarias em 44,44% dos canais e aos 30 meses metade dos canais apresentavam pontes. Apesar de o seguimento ter continuado até aos 60 meses no caso de um molar, os dados a ressaltar devem referir-se unicamente até aos 48 meses em que se visualizou 60% de pontes nos canais estudados já que, posteriormente, a amostra avaliada foi muito pequena.

Também no caso do MTA Branco escasseiam os estudos de investigação a longo prazo e dá-se, além do mais, a circunstância de que alguns não fazem referência a dados que permitam estabelecer uma comparação de resultados com os obtidos na presente investigação, como é o caso da investigação de Noorollahian (192) sobre a aplicação do MTA Branco em pulpotomias de molares temporários no qual foram realizadas avaliações clínicas e radiográficas cada 6 meses durante 24 meses mas, neste caso, o autor não avaliou a presença de pontes dentinarias.

Uma vez mais denota o valor da presente investigação, já que na literatura disponível não encontramos outra investigação sobre a aplicação do MTA Branco em pulpotomias de molares temporários comparável no que se refere à amplitude dos parâmetros de tempo de seguimento e tamanho da amostra.

Na análise dos molares tratados com MTA Branco, os primeiros molares evidenciaram uma evolução similar nas percentagens, verificando-se o mesmo padrão de formação de pontes dentinarias nos molares do lado direito e esquerdo, mas comparando as percentagens obtidas verificou-se que estas foram sempre mais elevadas para o primeiro molar do lado direito (84) que para o seu homólogo do lado esquerdo (74), diferenças que não podemos explicar. Os segundos molares apresentaram o mesmo padrão de frequências que a amostra total e não foram encontradas grandes diferenças entre as percentagens do lado direito e esquerdo.

A formação de pontes dentinarias está descrita também em tratamentos de pulpotomia em molares temporários realizados com outros materiais de preenchimento da cavidade pulpar, como por exemplo o hidróxido de cálcio. Moretti e cols., num estudo em que compararam a aplicação de hidróxido de cálcio com a aplicação de MTA em pulpotomias de dentes temporários observaram a formação de pontes dentinarias em ambos os casos (191).

Na literatura disponível actualmente não encontramos registos que permitam estabelecer comparações com os nossos resultados no que se refere a diferenças/semelhanças entre as percentagens obtidas para os molares direitos e esquerdos, uma vez que a maioria dos autores não fazem esta diferenciação.

Estenose radicular

A obliteração dos canais radiculares é um achado radiográfico comum em dentes com pulpotomias e encontrava-se já descrita, com uma grande variedade de frequências, em dentes tratados com formocresol, formocresol diluído e sulfato férrico (23, 63, 82). A obliteração dos canais radiculares ocorre como resultado da actividade odontoblástica e sugere que o dente afectado manteve algum grau de vitalidade (182). Neste sentido, no presente estudo, a existência de estenose radicular foi considerada um sinal de êxito do tratamento.

A resposta de estenose radicular foi detectada no nosso estudo num elevado número de radiografias e considerou-se a sua presença nos casos em que se observou a diminuição do diâmetro dos canais radiculares em comparação com as radiografias realizadas antes do tratamento.

Os resultados do nosso estudo mostram que se encontraram, 6 meses depois do tratamento, sinais de estenose radicular em 14,6% dos canais radiculares inferiores tratados com MTA Cinzento. Este resultado refuta a hipótese sugerida por Naik e Hedge (172), que apontam como provável justificação para a ausência de sinais de obliteração dos canais pulpare, o tempo de seguimento de unicamente 6 meses. Além do mais, Maroto e cols. (12), transcorrido o mesmo tempo desde a realização dos tratamentos, detectaram a presença de estenose radicular numa percentagem de canais ainda mais elevada do que na presente investigação, observando o processo em 60% dos canais, passados 6 meses.

Aos 12 meses, foram observados sinais de estenose radicular em pouco mais de metade (57,14%) dos canais radiculares, resultado semelhante ao descrito por Agamy e cols. (185), que 12 meses depois da realização dos tratamentos de pulpotomia com

MTA Cinzento observaram a presença de estenose radicular em 58% dos canais avaliados.

Passados 24 meses do tratamento a estenose pulpar foi detectada em 86,4% dos canais tratados. Este valor foi bastante superior ao encontrado por Farsi e cols. (187) que, para o mesmo tempo de seguimento, registaram a presença de estenose radicular em 7,9% dos canais.

Trinta e seis meses depois do tratamento apresentou-se estenose radicular em 94% dos canais. Para este mesmo tempo de seguimento Maroto e cols. (13) registaram um valor inferior de presença de estenose radicular (83%).

O tempo de seguimento máximo de molares com pulpotomia com MTA Cinzento que conseguimos alcançar foi de 84 meses, em 5 molares inferiores, em que todos os 10 canais (100%) apresentaram estenose radicular.

Comparando as percentagens de estenose radicular obtidas nos primeiros molares, direitos e esquerdos, observamos que em todos eles ocorreu um padrão de incremento semelhante ao da amostra total e que, para um mesmo momento cronológico, as percentagens de estenose encontradas foram mais elevadas para os primeiros molares do lado direito sem encontrar justificação para este facto.

Os segundos molares exibiram, em geral, um padrão de incremento de estenose radicular superior ao dos primeiros molares, observando-se a sua presença numa percentagem superior de canais (66,7%) do que no caso dos primeiros molares (50%), 6 meses depois do tratamento. Posteriormente as evidências de estenose foram cada vez mais frequentes até alcançar os 100%. Vij e cols. obtiveram taxas de êxito distintas em primeiros (61%) e segundos (83%) molares temporários tratados de pulpotomia (22). A

existência destas diferenças de comportamento e reacção entre primeiros e segundos molares temporários registadas por estes investigadores assim como por nós, devem alertar-nos para o facto de que os resultados obtidos num dos grupos de molares, primeiros ou segundos, não se podem extrapolar de uma forma linear ao outro grupo de molares, uma vez que se estão obtendo distintos resultados e diferentes taxa de êxito para os mesmos procedimentos.

Nos canais tratados com MTA Branco foi possível observar a presença de estenose radicular em 24,68% dos canais na revisão realizada 6 meses depois. Uma vez mais, este valor foi inferior ao obtido por Maroto e cols. que observaram a presença de estenose radicular em 69% dos canais, 6 meses depois do tratamento com MTA Branco (11).

Transcorridos 12 meses da intervenção detectou-se estenose pulpar em 54,17% dos canais tratados com MTA Branco. Agamy e cols. (185) registaram um valor muito menor de estenose radicular, para o mesmo tempo de seguimento, observável em apenas 5% dos canais avaliados.

Ao fim de 24 meses, na presente investigação, foi observada a presença de estenose radicular em 75,55% dos canais tratados com MTA Branco. Este resultado supera os resultados registados por Sonmez e cols. (193) (26,7%) e Noorollahian (192) (3,4%).

Os 2 canais que avaliamos durante 60 meses, o tempo máximo de seguimento que conseguimos alcançar em pulpotomias com MTA Branco, ambos apresentaram estenose radicular. Devemos ressaltar que a análise de 2 canais unicamente não tem valor científico.

Comparando as percentagens de estenose radicular observadas, apesar de que os primeiros molares tenham exibido um padrão de aumento distinto dos segundos molares, não existiam diferenças estatisticamente significativas, assim como na comparação entre molares direitos e esquerdos.

Uma vez que na presente investigação os molares constituintes da amostra foram seguidos por diferentes períodos de tempo, e para que fosse possível realizar a comparação estatística entre as percentagens obtidas nos molares de cada um dos dois grupos de estudo (MTA Cinzento e MTA Branco), foi necessário estudar separadamente o grupo de molares com um tempo de seguimento de 30 meses, com MTA Cinzento ou MTA Branco. Esta análise permitiu estudar não só as diferenças entre as percentagens como também o perfil de comportamento ao longo do tempo.

Os resultados desta análise demonstraram que o tempo influi significativamente na formação de dentina reparadora, vendo-se assim que existe uma maior probabilidade de detectar pontes dentinarias e estenose radicular quanto mais longo seja o tempo de evolução, após a realização de pulpotomia com MTA Cinzento ou Branco e que a formação desta dentina reparadora ocorre em maior percentagem nos 12 meses que se seguem à realização do tratamento. Estes resultados coincidem com outros estudos, como o de Maroto e cols. (31) que também encontraram diferenças significativas nas modificações produzidas entre os primeiros meses de seguimento.

Baseando-nos nos resultados de ambos os estudos poderíamos afirmar que a formação dentinaria, sejam pontes dentinarias ou estenose dos canais radiculares, é uma formação progressiva de dentina reparadora que começa precocemente.

Na análise da formação de pontes dentinarias e estenose radicular foi possível realizar dois tipos de avaliações: uma comparação entre o comportamento ao longo do

tempo dos distintos molares e dos dois tipos de MTA, e uma comparação entre as percentagens de pontes dentinarias e estenose radiculares observadas também segundo o tipo de molar e o tipo de MTA.

Assim, para o aparecimento de pontes dentinarias não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas no comportamento ao longo do tempo entre os distintos molares (74, 75, 84 e 85) ($p=0,599$), nem entre os dois tipos de MTA ($p=0,886$).

No entanto, apesar de que o seu comportamento ao longo do tempo tenha sido semelhante, os molares tratados com MTA Cinzento exibiram uma percentagem de pontes dentinarias significativamente mais elevada que os molares tratados com MTA Branco.

Outros autores, além de quantificar as pontes dentinarias que se tinham formado em molares temporários tratados com MTA Cinzento e Branco, procederam também à sua análise histológica detectando, sob microscopia, que os molares tratados com MTA Branco exibiram pontes dentinarias tal como os molares tratados com MTA Cinzento, mas além disso, os primeiros exibiram a presença de uma maior quantidade de células inflamatórias e áreas de necrose. Estes autores concluíram que a resposta pulpar foi, em geral, menos favorável no grupo do MTA Branco quando comparado com o MTA Cinzento e que possivelmente a ausência de aluminato férrico tetracálcico no MTA Branco contribua para as diferenças encontradas entre os dois grupos (186).

Não foram encontradas diferenças significativas entre as percentagens de pontes dentinarias observadas entre os molares pertencentes a cada um destes grupos (MTA Cinzento e MTA Branco), coincidindo este resultado com o de outros autores que

também não encontraram diferenças entre os distintos molares relativamente à formação de dentina reparadora (11).

Para o aparecimento de estenose radicular, comparando o comportamento ao longo do tempo dos molares tratados com MTA Cinzento, obtiveram-se diferenças significativas entre os molares inferiores esquerdos (74 e 75) e os molares inferiores direitos (84 e 85) ($p=0,002$). Nos molares tratados com MTA Branco, apesar de não se terem verificado diferenças estatisticamente significativas, foi possível observar um comportamento ao longo do tempo distinto entre os primeiros e os segundos molares.

Na comparação do perfil de comportamento do MTA Cinzento com o do MTA Branco, relativamente à resposta manifestada como estenose radicular, encontraram-se diferenças estatisticamente significativas nos primeiros molares inferiores direitos (84) ($p=0,005$) e também nos segundos molares inferiores direitos (85) ($p=0,024$).

Comparando as percentagens de estenose radicular observadas em função do tipo de MTA utilizado, Cinzento e Branco, independentemente do molar tratado (74, 75, 84 e 85) observamos que, ao longo do estudo, os canais tratados com MTA Cinzento exibiram uma maior percentagem de estenose radicular que os canais tratados com MTA Branco mas sem que existissem diferenças estatisticamente significativas. Parece que o MTA Cinzento apresenta uma maior capacidade de indução de formação de dentina reparadora, já que este achado não é exclusivo da presente investigação, encontrando-se também descrito por outros autores (11, 185) que, inclusivamente, registaram diferenças estatisticamente significativas nas percentagens de estenose radicular observadas em molares tratados com estes dois tipos de MTA (11).

Comparando as percentagens de estenose radicular observadas segundo o tipo de molar, independentemente do tipo de MTA utilizado, não foram encontradas diferenças

estatisticamente significativas ($p=0,142$). Ao proceder à mesma análise mas por separado nos molares tratados com MTA Cinzento ou com MTA Branco foi possível observar que, no primeiro grupo não se encontraram diferenças estatisticamente significativas ($p=0,835$), mas no grupo dos molares tratados com MTA Branco foram encontradas diferenças estatisticamente significativas ($p=0,017$) entre a percentagem de estenose radicular nos primeiros molares inferiores direitos (50%) e nos segundos molares inferiores direitos (94%). Este resultado é distinto do encontrado por outros autores que não registaram diferenças entre a resposta dos distintos molares (11).

Na análise dos valores obtidos na presente investigação para a formação de dentina reparadora nos molares temporários tratados com MTA Cinzento e MTA Branco, foi possível comprovar que o fenómeno de formação de estenose radicular ocorreu numa maior percentagem que o fenómeno de formação de pontes dentinarias e em ambos os tipos de MTA. Esta diferença pode-se também encontrar nos resultados de várias investigações de outros autores (11-13, 182, 186, 187).

Além disso, há autores que sugerem que o MTA Branco induz a formação de dentina nos canais radiculares tal como o MTA Cinzento, mas o seu contacto directo com o tecido pulpar na zona de amputação pulpar não estimula a formação de pontes dentinarias com a mesma intensidade que o MTA Cinzento (11).

Da análise dos valores resultantes da presente investigação anteriormente expressados, assim como de investigações anteriores, tanto para o aparecimento de pontes dentinarias como estenose radicular, ressalta-se que existe uma grande variabilidade de resultados entre as distintas investigações. Esta variabilidade pode resultar de uma falta de uniformização de variáveis e critérios que, inevitavelmente, levam à obtenção de resultados distintos. Por um lado, muitas das investigações

disponíveis basearam-se na análise de amostras relativamente pequenas e com um tempo de seguimento curto; por outro, alguns autores não expressam nos seus artigos os critérios e métodos utilizados para a quantificação dos fenómenos de formação de dentina reparadora, o que pode resultar numa falta de uniformização de critérios de quantificação entre diversos grupos de investigadores.

5.3. Morfologia dos pré-molares

Como os molares temporários se encontram em estreita relação com os gérmes dos pré-molares que lhes sucederão durante a transição dentária, resulta importante avaliar as repercussões que os tratamentos realizados nos primeiros possam ter nos seus sucessores permanentes, tanto a nível da formação, como de cronologia de erupção e posição. Neste sentido é fácil aceitar que seria interessante realizar uma comparação entre a cronologia de esfoliação dos molares nos quais se tinha realizado o tratamento de pulpotomia com MTA e seus homólogos contra-laterais. No entanto, da análise preliminar do universo de estudo da presente investigação, concluímos que, com os dados disponíveis, não resultaria viável a realização de tal comparação. A perda de uma parte importante da amostra, seja por não voltar às revisões ou por outras causas, ou a falta de fiabilidade dos dados fornecidos pelas crianças e pais, tornou inviável esta parte do estudo.

Além disso, também consideramos que teria sido interessante realizar a análise da cronologia de erupção dos pré-molares que substituíram os molares tratados com MTA mas, a este respeito, o único dado que tínhamos disponível era a data de esfoliação fisiológica de 56 dos 210 molares incluídos na amostra do estudo. O tempo mínimo transcorrido entre o tratamento e a esfoliação fisiológica foi de 12 meses, e o

tempo máximo observado foi de 84 meses. Consideramos estes achados como indicadores de êxito do tratamento realizado, já que foi possível manter em boca molares temporários que anteriormente apresentavam patologia, por um período de tempo muito amplo que, em alguns casos, alcançou os 84 meses. A manutenção em boca e em estado saudável, de dentes temporários com previa patologia pulpar até ao momento da sua esfoliação fisiológica, é o desafio dos tratamentos de pulpotomia (192).

Apesar de que a comparação da cronologia sugerida anteriormente não tenha podido realizar-se, foi possível analisar a morfologia de múltiplos pré-molares erupcionados em substituição de molares temporários incorporados na amostra de estudo da presente investigação, apesar de a distribuição por molar e a dispersão no tempo não permitirem fazer nenhuma análise estatística. Em nenhum dos pré-molares examinados foram observados sinais de alteração de cor, estrutura ou posição. Neste sentido, podemos considerar que os tratamentos de pulpotomia realizados na presente investigação foram bem sucedidos, desde o ponto de vista dos pré-molares sucessores, tal como expressam Eidelman e cols. (182), já que todos eles erupcionaram na sua devida localização e não apresentaram defeitos no esmalte.

Apesar de sermos conscientes de que estes dados têm um escasso valor científico comprovado, acreditamos que ainda assim apresentam um interesse relevante, uma vez que reforçam as evidências a favor da inocuidade do MTA na sua utilização em pulpotomias de molares temporários. Consideramos interessante a continuação da investigação, em estudos posteriores, que recolham mais dados que confirmem estes achados clínicos e que permitam estabelecer uma análise estatística dos mesmos.

Na nossa investigação, a taxa de êxito obtida nos molares avaliados foi muito elevada, considerando o longo tempo de seguimento. Além disso, este material

apresentou muito boas taxas de êxito em todas as investigações realizadas até à actualidade.

Vários autores obtiveram taxas de êxito semelhantes com a utilização de MTA ou formocresol, o material considerado como “gold-standard” nos tratamentos de pulpotomia de molares temporários (192, 193). Outros autores, em estudos estatísticos baseados na evidência comparativa do MTA com outros materiais, concluíram que o agregado trióxido mineral, em comparação com o formocresol, o sulfato férrico ou o hidróxido de cálcio, apresentou inclusivamente êxitos clínicos e radiográficos significativamente mais elevados em todos os períodos de tempo até à esfoliação fisiológica, considerando deste modo, que o MTA é um medicamento que apresenta uma qualidade superior aos outros materiais (173).

No entanto, alguns autores após realizarem estudos comparativos entre diversos materiais aplicados em pulpotomias de molares temporários concluíram que, apesar de o MTA representar uma muito boa alternativa ao formocresol neste tratamento, o seu elevado custo torna inviável a sua utilização de forma rotineira, dando preferência a outros materiais, que apresentam uma relação custo/benefício superior ao MTA (192, 193).

Na presente investigação foi possível comprovar, numa amostra representativa e com um seguimento a longo prazo, que o MTA constitui uma muito boa alternativa ao formocresol em pulpotomias de molares temporários, uma vez que é um material biocompatível, não tóxico e que apresentou taxas de êxito clínico e radiográfico semelhantes às descritas para a utilização de formocresol. Além disso, parece evidenciar-se que o MTA é inócuo para os pré-molares sucessores dos molares aos que se realiza a pulpotomia não produzindo alterações de forma, estrutura ou posição. Dos

dois tipos de MTA avaliados, o MTA Cinzento foi o que apresentou melhores resultados, exibindo um menor número de fracassos e uma maior percentagem de êxitos, reflectidos na formação de pontes dentinarias e estenose dos canais radiculares.

6. Conclusões

6. Conclusões

1. No presente estudo não se observaram sinais de patologia clínica no tratamento de pulpotomias de molares temporários com MTA Cinzento. Nos molares tratados com MTA Branco observaram-se sinais de patologia clínica em unicamente 2 casos do total da amostra estudada.
2. Com base na avaliação das imagens radiológicas, foram detectadas imagens de resposta pulpar desfavorável num molar tratado com MTA Cinzento e em 5 molares tratados com MTA Branco, no total da amostra.
3. Não foram encontradas diferenças significativas entre os indicadores de êxito clínico e radiológico dos molares tratados com MTA Cinzento e os molares tratados com MTA Branco.
4. Em cada um dos grupos de molares estudados foi observada a formação de dentina reparadora, manifestada radiograficamente como pontes dentinarias, numa elevada percentagem de casos. Não obstante, os molares tratados com MTA Cinzento apresentaram uma percentagem significativamente mais elevada.
5. A formação de dentina reparadora nos canais radiculares, com manifestações radiológicas de estenose dos canais, foi observada em ambos os grupos de molares numa elevada percentagem de casos, sem que existissem diferenças significativas entre os dois grupos.

6. Os pré-molares sucessores dos molares incorporados na amostra da presente investigação, que se conseguiram observar, não apresentaram sinais de alteração de cor, estrutura ou posição.

7. De tudo o exposto anteriormente podemos concluir, com base nos resultados clínicos e radiológicos da presente investigação, que o Agregado Trióxido Mineral apresenta um nível de êxito clínico e radiográfico elevado, podendo indicar-se como substituto do formocresol no tratamento de pulpotomia de molares temporários e com resultados superiores para o MTA Cinzento.

7. Referencias Bibliográficas

7. Referencias Bibliográficas

1. Dye BA, Tan S, Smith V, Lewis BG, Barker LK, Thornton-Evans G, Eke PI, Beltrán-Aguilar ED, Horowitz AM, Li CH. Trends in oral health status: United States, 1988-1994 and 1999-2004. *Vital Health Stat*, 2007(248);1-92.
2. López-Marcos JF. Etiología, clasificación y patogenia de la patología pulpar y periapical. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2004;9 Suppl:S52-62.
3. Bascones A, Manso F. Infecciones orofaciales. Diagnóstico y tratamiento. Madrid:Ed. Avances médicos-dentales;1994. P. 30-44.
4. Kakeshi S, Stanley HR, Fitzgerald RJ. The effects of surgical exposure of dental pulps in germ.free and conventional laboratory rats. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1965;20:340-9.
5. Barbería Leache E. Atlas de Odontología Infantil para Pediatras y Odontólogos. 1ªed. Madrid: Ripano;2005.
6. Waterhouse P. “New age” pulp therapy: personal thoughts on a hot debate. *Pediatr Dent* 2008;30:247-52.
7. Rodd HD, Boissonade FM. Substance P exposure in human tooth pulp in relation to caries and pain experience. *Eur J Oral Sc* 2000;108:476-84.
8. Rayner J, Southam JC. Pulp changes in deciduous teeth associated with deep carious dentine. *J Dent* 1979;7:39-42.
9. Rodd HD, Boissonade FM. Immunocytochemical investigation of immune cells within human primary and permanent tooth pulp. *Int J Paediatr Dent* 2006;16:2-9.

10. Jordon ME. Tratamiento odontológico de la infancia. Barcelona: Ed. Labor; 1934.
11. Maroto M, Barbería E, Vera V, García-Godoy F. Dentin bridge formation after white mineral trioxide aggregate (white MTA) pulpotomies in primary molars. *Am J Dent* 2006;19:75-9.
12. Maroto M, Barbería E, Planells P. Dentin bridge formation after mineral trioxide aggregate (MTA) pulpotomías in primary teeth. *Am J Dent* 2005;18:151-4.
13. Maroto M, Barbería E, González V, Vélazquez L. Contrastada experiencia clínica, a largo plazo, en el uso del agregado trióxido mineral en pulpotomías de dientes temporales. *Gaceta Dental* 2007;177:76-89.
14. American Academy of Pediatric Dentistry. Guideline on pulp therapy for primary and young permanent teeth. *Pediatr Dent* 2005-2006;27(7 Suppl):130-4.
15. Barbería Leache E, Boj JR, Catalá M, Garcia-Ballesta C, Mendoza A. *Odontopediatría*. 2ªed. Barcelona: Masson;2001.
16. Nunn JH, Smeaton I, Gilroy J. The development of formocresol as a medicament for primary molar pulpotomy procedures. *J Dent Child* 1996;63(1):51-3.
17. Roberts JF. Treatment of vital and non-vital primary molar teeth by one-stage formocresol pulpotomy: clinical success and effect upon age of exfoliation. *Int J Paediatr Dent* 1996;6:111-5.
18. Sweet Ch A. Treatment for deciduous teeth with exposed pulps. *Mich St Dent J* 1937;19:13.

19. Lewis B. Formaldehyde in dentistry: a review for the millennium. *J Clin Pediatr Dent* 1998; 22(2):167-77.
20. Méndez Blanco VM, Alvarez Congost C, Alvarez Brasa C. Pulpotomías en la dentición decidua: buscando alternativas. *Odontología Pediátrica* 1995;4(3):145-9.
21. Waterhouse PJ, Nunn JH, Whitworth JM, Soames JV. Primary molar pulp therapy-histological evaluation of failure. *Int J Paediatr Dent* 2000 Dec;10(4):313-21.
22. Vij R, Coll JA, Shelton P, Farooq NS. Caries control and other variables associated with success of primary molar vital pulp therapy. *Pediatr Dent* 2004 May-Jun;26(3):214-20.
23. Fuks AB, Holan G, Davis JM, Eidelman E. Ferric sulfate versus dilute formocresol in pulpotomized primary molars: long-term follow up. *Pediatr Dent* 1997 Jul-Aug;19(5):327-30.
24. Ranly DM. Pulpotomy therapy in primary teeth: new modalities for old rationales. *Pediatr Dent* 1994 Nov-Dec;16(6):403-9.
25. Canalda Salí C, Brau Aguadé E. Endodoncia: técnicas clínicas y bases científicas. 2ªed. Barcelona: Masson;2001.
26. Fuks AB. Terapia pulpar para dientes temporales y permanentes jóvenes y conceptos actuales en odontopediatría restauradora. 2001 [citado: 7 junio 2001]. Disponible en: dirección: <http://www.coeb.com>
27. Camp JH, Barrett EJ, Pulver F. Endodoncia Pediátrica: tratamiento endodóncico en la dentición temporal y permanente joven. En: Cohen S, Burns RC. Vías de la pulpa. 8ªed. Madrid: Mosby Elsevier; 2002. p.797-847.

28. Fuks AB, Eidelman E, Cleaton-Jones P. Pulp response to ferric sulfate, diluted formocresol and IRM in pulpotomized primary baboon teeth. *J Dent Child* 1997 Jul;254-9.
29. Fuks AB. Tratamiento pulpar para la dentición primaria. En: Pinkham JR, Casamassimo PS, Fields HW, McTigue DJ, Nowak A. *Odontología pediátrica*. 2ªed. México: Interamericana.McGraw-Hill; 1996. p. 334-47.
30. Escobar Muñoz F. *Odontología pediátrica*. Caracas: Actualidades Médico Odontológicas Latinoamericana;2004.
31. Maroto Edo M. Estudio clínico del agregado trióxido mineral en pulpotomías de molares temporales [tesis doctoral] Madrid: Universidad Complutense de Madrid, Servicio de Publicaciones;2004.
32. Waterhouse PJ, Nunn JH, Whitworth JM. An investigation of the relative efficacy of Buckley's Formocresol and calcium hydroxide in primary molar vital pulp therapy. *Br Dent J* 2000 Jan;188(1): 32-6.
33. Maroto Edo M, Barbería Leache E, Planells del Pozo P. Estudio clínico del agregado trióxido mineral en pulpotomías de molares temporales: estudio piloto a quince meses. *RCOE* 2004;9(1):23-30.
34. Cohen S, Burns RC .*Vías de la pulpa*. 9ªed. Madrid: Mosby Elsevier;2004.
35. Waterhouse PJ, Nunn JH, Whitworth JM, Soames JV. Primary molar pulp therapy- histological evaluation of failure. *Int J Paediatr Dent* 2000 Dec;10(4):313-21.
36. Ingle JI, Bakland LK. *Endodoncia*. México: McGraw-Hill Interamericana

37. Lewis B J. Formaldehyde in dentistry: a review for the millennium. Clin Pediatr Dent 1998 Winter;22(2):167-77.
38. Delgado F, Trujillo J, Bolaños E. Alternativas a la pulpotomía con formocresol en odontopediatría. Quintessence 2001;14:385-92.
39. Fernández Domínguez H, Mendoza Mendoza A, Solano Reina E. Pulpotomía: estudio comparativo entre el glutaraldehído al 4% y formocresol al 20% en dientes temporales vitales. Odontología Pediátrica 2000;8:19-25.
40. Ketley CE, Goodman JR. Formocresol toxicity: is there a suitable alternative for pulpotomy of primary molars? Int J Paediatr Dent 1991 Aug;1(2):67-72.
41. Milnes A. Is formocresol obsolete? A fresh look at the evidence concerning safety issues. Pediatr Dent 2008; 30(3):237-43.
42. Kahl J, Easton J, Johnson G, Zuk J, Wilson S, Galinkin J. Formocresol blood levels in children receiving dental treatment under general anesthesia. Pediatr Dent 2008;30(5):393-9.
43. Farooq NS, Coll JA, Kuwabara A, Shelton P. Success rates of formocresol pulpotomy and indirect pulp therapy in the treatment of deep dentinal caries in primary teeth. Pediatr Dent 2000 Jul-Aug;22(4):278-86.
44. Ketley CE, Goodman JR. Formocresol toxicity: is there a suitable alternative for pulpotomy of primary molars? Int J Paediatr Dent 1991;2:67-72.
45. Dunston B, Coll JA. A survey of primary tooth pulp therapy as taught in US dental schools and practiced by diplomates of the American Board Of Pediatric Dentistry. Pediatr Dent 2008 Jan-Feb;30(1):42-8.

46. Mani SA, Chawla HS, Tewari A, Goyal A. Evaluation of calcium hydroxide and zinc oxide eugenol as root canal filling materials in primary teeth. *J Dent Child* 2000;142-7.
47. Rosendahl R, Weinert-Grodd A. Root canal treatment of primary molars with infected pulps using calcium hydroxide as a root canal filling. *J Clin Pediatr Dent* 1995;19(4):255-8.
48. García-Godoy F. Evaluation of a iodoform paste in root canal therapy for infected primary teeth. *J Dent Child* 1987;54(1):30-4.
49. Sorbe R, García-Flores JA. Conceptos básicos en Odontología Pediátrica. Venezuela: Disinlimed CA;1996.
50. Ketley CE, Goodman JR. Formocresol toxicity: is there a suitable alternative for pulpotomy of primary molars? *Int J Paediatr Dent* 1991;2:67-72.
51. Strange DM, Seale NS, Nunn ME, Strange M. Outcome of formocresol/ZOE sub-base pulpotomies utilizing alternative radiographic success criteria. *Pediatr Dent* 2001;23(3):331-6.
52. Fuks AB. Pulp therapy for the primary and young permanent dentitions. *Dent Clin North Am* 2000;3:571-96.
53. King SRA, Mcwhorter AG, Seale NS. Concentration of formocresol used by pediatric dentists in primary tooth pulpotomy. *Pediatr Dent* 2002;24(2):157-9.
54. Shumayrikh NM, Adenubi JO. Clinical evaluation of glutaraldehyde with calcium hydroxide and glutaraldehyde with zinc oxide eugenol in pulpotomy of primary molars. *Endod Dent Traumatol* 1999;15:259-64.

55. Ranly DM, García Godoy F. Current and potential pulp therapies for primary and young permanent teeth. *J Dent* 2000;28:153-61.
56. Foreman PC, Barnes IE. Review of calcium hydroxide. *Int Endod J* 1990 Nov;23(6):28-97.
57. Accorinte M, Holland R, Reis A, Bortoluzzi M, Murata S, Dezan E, Souza V, Alessandro L. Evaluation of mineral trioxide aggregate and calcium hydroxide cement as pulp-capping agents in human teeth. *JOE* 2008;34(1):1-6.
58. Heiling J, Yates J, Sskin M, McKnight J, Turner J. Calcium hydroxide pulpotomy for primary teeth: A clinical study. *J Am Dent Assoc* 1984;108:775-8.
59. Zurn D, Seale N. Light-cured calcium hydroxide vs formocresol in human primary molar pulpotomías: a randomized controlled trial. *Pediatr Dent* 2008;30(1):34-41.
60. Lemon RR, Steele PJ, Jeansonne BG. Ferric sulphate hemostasis: effect on osseous wound healing. Left in situ for maximum exposure. *J Endod* 1993;19:170-3.
61. Peng L, Ye L, Guo X, Tan H, Zhou X, Wang C, Li R. Evaluation of formocresol versus ferric sulphate primary molar pulpotomy: a systematic review and meta-analysis. *Int Endod J* 2007;40:751-7.
62. Fischer DE. Tissue management: a new solution to an old problem. *Gen Dent* 1987;14:157-65.
63. Smith NL, Seale NS, Nunn M. Ferric Sulfate pulpotomy in primary molars: a retrospective study. *Peadiatr Dent* 2000;22(3):192-8.

64. Fei AL, Udin RD, Johnson R. A clinical study of ferric sulfate as a pulpotomy agent in primary teeth. *Pediatr Dent* 1991;13:327-32.
65. Cortés O, Boj JR, Canalda C, Carreras M. Pulpal tissue reaction to formocresol vs. Ferric sulfate in pulpotomized teeth. *J Clin Pediatr Dent* 1997;21(3):247-54.
66. Ibricevic H, Al-Jame Q. Ferric sulfate as pulpotomy agent in primary teeth: twenty month clinical follow-up. *J Clin Pediatr Dent* 2000;24(4):269-72.
67. Alacam A. Pulpal tissue changes following pulpotomías with formocresol, glutaraldehyde-calcium hydroxide, glutaraldehyde-zinc oxide eugenol pastes in primary teeth. *J Pedod* 1989;13:123-32.
68. Pinkham JR. *Odontología pediátrica*. 3ª ed. México: McGraw-Hill Interamericana;2001.
69. Tchaou W, Turng BF, Minah GE, Coll JA. In vitro inhibition of bacteria from root canals of primary teeth by various dental material. *Pediatr Dent* 1995;17(5):351-5.
70. Nurko C, García-Godoy F. Evaluation of a calcium hydroxide/iodoform paste (Vitapex) in root canal therapy for primary teeth. *J Clin Pediatr Dent* 1999;23(4):289-94.
71. Nurko C, Ranly DM, García-Godoy F. Resorption of a calcium hydroxide/iodoform paste (Vitapex) in root canal therapy for primary teeth: a case report. *Pediatr Dent* 2000;22:517-20.
72. Wright KJ, Barbosa SV, Araki K, Spångberg LS. In vitro antimicrobial and cytotoxic effects of Kri 1 paste and zinc oxide-eugenol used in primary tooth pulpectomies. *Pediatr Dent* 1994 Mar-Apr;16(2):102-6.

73. Fadavi S, Anderson AW. A comparison of the pulpar response to freeze-dried bone, calcium hydroxide, and zinc-oxide eugenol in primary teeth in two cynomolgus monkeys. *Pediatr Dent* 1996;18(1):52-6.
74. Cortés O, Boj JR, Canalda C, García C. Metodología para estudios histológicos pulpaes en ratas. *Endodoncia* 2001;19(1):31-9.
75. Fuks AB, Jones PC, Michaeli Y, Bimstein E. Pulp response to collagen and glutaraldehyde in pulpotomized primary teeth of baboons. *Pediatr Dent* 1991;13(3):142-50.
76. Nakashima M. The induction of reparative dentine in the amputated dental pulp of the dog by bone morphogenetic protein. *Arch Oral Biol* 1990;35:493-7.
77. da Silva LA, de Paula e Silva FW, Leonardo MR, Assed S. Radiographic evaluation of pulpal and periapical response of dogs' teeth after pulpotomy and use of recombinant human bone morphogenetic protein-7 as a capping agent. *J Dent Chil (Chic)* 2008;75(1):14-9.
78. Parking F. Láseres en odontología pediátrica y del adolescente. *Clínicas Odontológicas de Norteamérica* 2000;4:887-99.
79. Geodental. Láser en odontología moderna 2000. [Citado 2000] Disponible en: dirección: <http://www.webodontológica.com>
80. Liu J, Chen L, Chao S. Laser pulpotomy of primary teeth. *Pediatr Dent* 1999;21(2):128-9.
81. Liu J. Effects of Nd:YAG laser pulpotomy on human primary molars. *J Endo* 2006;32:404-7.

82. Willard MR. Radiographic changes following formocresol pulpotomy in primary molars. *J Dent Child* 1976;43:414-5.
83. Elliot RD, Roberts HW, Burks J, Phillips C. Evaluation of the carbon dioxide laser on vital human primary pulp tissue. *Pediatr Dent* 1999;21(6):327-31.
84. Mack RB, Dean JA. Electrosurgical pulpotomy: a retrospective human study. *J Dent Child* 1993;60:107-14.
85. Shaw DW, Sheller B, Barrus BD. Electrosurgical pulpotomy. A 6 months study in primates. *J Endod* 1987;13(10):500-5.
86. Sasaki H, Ogawa T, Koreeda M, Ozaki T, Sobue S, Ooshima T. Electrocoagulation extends the indication of calcium hydroxide pulpotomy in the primary dentition. *J Clin Pediatr Dent* 2002;26(3):275-8.
87. Oztas N, Ulusu T, Pygur T, Cokpeikin F. Comparison of electro surgery and formocresol as pulpotomy techniques in dog primary teeth. *Pediatr Dent* 1994;18(4):285-9.
88. Lee S, Monsef M, Torabinejad M. Sealing ability of a Mineral Trioxide Aggregate for repair of lateral root perforations. *J Endod* 1993;19(11):541-4.
89. Torabinejad M, White DJ. Tooth filling material and use. US Patent number 5,769,638.
90. Dammaschke T, Gerth HUV, Züchner H, Schäfer E. Chemical and physical surface and bulk material characterization of white ProRoot MTA and two Portland cements. *Dent Mater* 2005;21:731-8.

91. Carlos Boveda. El odontólogo invitado. Aplicación clínica del Agregado Trióxido Mineral (MTA) en endodoncia. [Citado 2001] Disponible en: dirección: <http://www.carlosboveda.com/Odontologosfolder/odontoinvitadoold/odontoinvitado7.html>
92. Roberts HW, Toth J, Berzins D, Charlton D. Mineral trioxide aggregate material use in endodontic treatment: A review of the literature. *Dent Mater* 2008;24:149-64.
93. Camilleri J, Montesin F, Brady K, Sweeney R, Curtis R, Pitt Ford T. The constitution of mineral trioxide aggregate. *Dent Mater* 2005;21(4):297-303.
94. Camilleri J. Hydration mechanisms of mineral trioxide aggregate. *Int Endod J* 2007; 40:462-70.
95. Camilleri J, Pitt Ford T. Mineral trioxide aggregate: a review of the constituents and biological properties of the material. *Int Endod J* 2006;39:747-54.
96. Torabinejad M, Hong CU, McDonald F, Pitt Ford TR. Physical and Chemical Properties of a new root-end filling material. *J Endod* 1995;21(7):349-53.
97. Mitchell P, Pitt Ford T, Torabinejad M, McDonald F. Osteoblast biocompatibility of mineral trioxide aggregate. *Biomaterials* 1999;20:167-73.
98. Torabinejad M, Rastegar AF, Kettering JD, Pitt Ford TR. Bacterial leakage of mineral trioxide aggregate as a root-end filling material. *J Endod* 1995;21:109-12.
99. Abdullah D, Pitt Ford TR, Papaioannou S, Nicholson J, McDonald F. An evaluation of accelerated Portland cement as a restorative material. *Biomaterials* 2002;23:4001-10.

100. Islam I, Chng HK, Yap AUJ. Comparison of physical and mechanical properties of MTA and Portland cement. *J Endod* 2006;32:193-7.
101. Torabinejad M, Chivian N. Aplicaciones clínicas del agregado trióxido mineral. *Endodoncia* 1999, 17(3):159-71.
102. Torabinejad M, Pitt Ford TR, McKendry J, Abedi HR, Miller DA, Kariyawassam SP. Histologic assessment of Mineral Trioxide Aggregate as a root-end filling in monkeys. *J Endod* 1997, 23(4):225-8.
103. Schwartz RS, Mauger M, Clement D, Walker WA. Mineral Trioxide Aggregate: a new material for endodontics. *JADA* 1999;130:967-75.
104. Miñana-Gómez M. El Agregado Trióxido Mineral (MTA) en Endodoncia. *RCOE* 2002;7(3):283-9.
105. Aminoshariae A, Hartwell GR, Moon PC. Placement of mineral trioxide aggregate using two different techniques. *J Endod* 2003;29:679-82.
106. Nekoofar M, Adusei G, Sheykhrezae M, Hayes S, Bryant S, Dummer P. The effect of condensation pressure on selected physical properties of mineral trioxide aggregate. *Int Endod J* 2007;40:453-61.
107. Accorinte M, Loguercio A, Reis A, Carneiro E, Grande R, Murata S, Holland R. Response of human dental pulp capped with MTA and calcium hydroxide powder. *Oper Dent* 2008;33(5):488-95.
108. Vasconcelos B, Bernardes R, Cruz S, Duarte M, Padilha P, Bernardineli N, Garcia R, Bramante C, Moraes I. Evaluation of pH and calcium ion release of new root-end filling materials. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* 2009;108(1):135-9.

109. Duarte MAH, de Oliveira Demarchi ACC, Yamashita JC, Kuga MC, de Campos Fraga S. pH and calcium release of two root-end filling materials. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2003;95:345-7.
110. Fridland M, Rosado R. MTA solubility: a long term study. *J Endod* 2005;31:376-9.
111. Walker Mp, Diliberto A, Lee C. Effect of setting conditions on mineral trioxide aggregate flexural strength. *J Endod* 2006;32:334-6.
112. Fridland M, Rosado R. Mineral trioxide aggregate (MTA) solubility and porosity with different water-to-powder rations. *J Endod* 2003;31:376-9.
113. Hwang Y, Lee S, Hwang I, Kang I, Kim M, Kim S, Son H, Mann W. Chemical composition, radiopacity, and biocompatibility of Portland cement with bismuth oxide. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral radiol Endod* 2009;107:e96-e102.
114. Coutinho-Filho T, Deus G, Klein L, Manera G, Peixoto C, Gurgel-Filho E. radiopacity and histological assessment of Portland cement plus bismuth oxide. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral radiol Endod* 2008;106:e69-e77.
115. García Barbero E, Vera González V, Velázquez Cano J. Nuevas posibilidades terapéuticas en endodoncia. *Rev Eur Odontoestomatol* 2000, 12(6):325-30.
116. Lee YL, Lee BS, Lin FH, Lin AY, Lan WH, Lin CP. Effects of physiological environments on the hydration behavior of mineral trioxide aggregate. *Biomaterials* 2004;25:787-93.
117. Kogan P, He J, Glickman GN, Watanabe I. The effects of various additives on setting properties of MTa. *J Endod* 2006;32:569-72.

118. Gancedo L, García-Barbero E. Influence of humidity and setting time on the push-out strength of mineral trioxide aggregate obturations. *J Endod* 2006;32:894-6.
119. Hachmeister DR, Schindler WG, Walker WA, Thomas DD. The sealing ability and retention characteristics of mineral trioxide aggregate in a model of apexification. *J Endod* 2002;28:386-90.
120. VandeWeele RA, Schwartz SA, Beeson TJ. Effect of blood contamination on retention characteristics of MTA when mixed with different liquids. *J Endod* 2006;32:421-4.
121. Sluyk RS, Moon PC, Hartwell GR. Evaluation of setting properties and retention characteristics of MTA when used as a furcation perforation repair material. *J Endod* 1998;24:768-71.
122. Agrabawi J. Sealing ability of amalgam, super EBA cement, and MTA when used as retrograde filling materials. *Br Dent J* 2000;188(5):266-8.
123. Storm B, Eichmiller FC, Tordik PA, Goodell GG. Setting expansion of gray and white mineral trioxide aggregate and Portland cement. *J Endod* 2008;34(1):80-2.
124. Souza Costa C, Duarte P, Chaves de Souza P, Giro E, Hebling J. Cytotoxic effects and pulpal response caused by mineral trioxide aggregate formulation and calcium hydroxide. *Am J Dent* 2008;21(4):255-61.
125. Bodanezi A, Carvalho N, Silva D, Bernardineli N, Bramante C, Garcia R, Moraes I. Immediate and delayed solubility of mineral trioxide aggregate and Portland cement. *J Appl Oral Sci* 2008;16(2):127-31.

126. Kubo, C, Gomes AP, Mancini M. In vitro evaluation of apical sealing in root apex treated with demineralization agents and retrofiled with mineral trioxide aggregate through marginal dye leakage. *Braz Dent J* 2005;16(3):187-91.
127. Tashin Y, hasan O, Funda K. Long-term evaluation of the influence of smear layer on the apical sealing ability of MTA. *J Endod* 2008;34(12):1537-40.
128. Murray P, García-Godoy C, García-Godoy F. How is the biocompatibility of dental biomaterials evaluated? *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2007;12:E258-66.
129. Koh E, Torabinejad M, Pitt Ford T, Brady K, McDonald F. Mineral trioxide aggregate stimulates a biological response in human osteoblasts. *J Biomed Mater Res* 1997;37:432-9.
130. Bodrumlu E. Biocompatibility of retrograde root filling materials: a review. *Aust Endod J* 2008;34:30-35.
131. Yasuda Y. Ogawa M, Arakawa T, Kadowaki T, Saito T. The effect of mineral trioxide aggregate on the mineralization ability of rat dental pulp cells: an in vitro study. *J Endod* 2008;34:1057-60.
132. Tomson PL, Grover LM, Lumley PJ, Sloan AJ, Smith AJ, Cooper PR. Dissolution of bio-active matrix components by mineral trioxide aggregate. *J Dent* 2007;35(8):636-42.
133. Keiser K., Johnson CC., Tipton DA. Cytotoxicity of mineral trioxide aggregate using human periodontal ligament fibroblasts. *J Endod* 200;26(5):288-91.

134. de Menezes JV, Takamori ER, Bijella MF, Granjeiro JM. In vitro toxicity of MTA compared with other primary teeth pulpotomy agents. *J Clin Pediatr Dent* 2009;33(3):217-21.
135. Bernabé P, Gomes-Filho J, Rocha W, Nery M, Otoboni-Filho J, Dezan-Júnior E. Histologic evaluation of MTA as a root-end filling material. *Int Endod J* 2007;40:758-65.
136. Trubiani O, D'Arcangelo C, Di Iori D, Di Nardo Di Maio F, Caputi S. Dental pulp stem cells bioadhesivity: evaluation on mineral trioxide aggregate. *Int J Immunopathol Pharmacol* 2007;20(1):81-6.
137. Jafarnia B, jiang J, He J, Wang Y, Safavi K, Zhu Q. Evaluation of citotoxicity of MTA employing various additives. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral radiol Endod* 2009;107:739-44.
138. Cepowicz E, Pawinska M, Kolada G, leszcznska K, Waszkiel D. Antibacterial activity of two mineral trioxide aggregate materials in vitro evaluation. *Ann Acad Med Stetin* 2008;54(1):147-50.
139. Torabinejad M, Hong CU, Pitt Ford TR, kettering JD. Antibacterial effects of some root end filling materials. *J Endod* 1995;21:403-6.
140. Estrela C, Bammann LL, Estrela CR, Silva RS, Pecora JD. Antimicrobial and chemical study of MTA, Portland cement, calcium hydroxide paste, Sealex and Dycal. *Braz Dent J* 2000;11:3-9.

141. Sipert C, Hussne R, Nishiyama C, Torres S. In vitro antimicrobial activity of Fill canal, Sealapex, Mineral trioxide aggregate, Portland cement and EndoRez. *Int Endod J* 2005;38:539-43.
142. Al-Nazhan S, Al-Judai A. Evaluation of antifungal activity of mineral trioxided aggregate. *J Endod* 2003;29:826-7.
143. Al-Hezaimi K, Al-Shalan TA, Naghshbandi J, Oglesby S, Simon JH, Rotstein I. Antibacterial effect of two mineral trioxide aggregate (MTA) preparations against *Enterococcus faecalis* and *Streptococcus sanguis* in vitro. *J Endod* 2006;32(11):1053-6.
144. Eldeniz AU, Hadimli HH, Ataoğlu H, Orstavik D. Antibacterial effect of selected root-end filling materials. *J Endod* 2006;32(4):345-9.
145. Cannon M, Cernigliaro J, Vieira A, Percinoto C, Juado R. Effects of antibacterial agents on dental pulps of monkeys mechanically exposed and contaminated. *J Clin Pediatr Dent* 2008;33(1):21-8.
146. Zhang H, Pappen F, Haapasalo M. Dentin enhances the antibacterial affect of mineral trioxide aggregate and bioaggregate. *J Endod* 2009;35(2):221-4.
147. Miyagak D, de Carvalho E, Robazza C, Chavasco J, Levorato G. In vitro evluation of the antimicrobial activity of endodontic sealers. *Braz Oral Res* 2006;20(4):303-6.
148. Glickman GN, Kennth A. 21st-Century endodontics. *JADA* 2000;131:39-46.
149. Al-Hezaimi K, Al-Shalan T, Naghshbandi J, Simon J, Rotstein I. MTA preparations from different origins may vary in their antimicrobial activity. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009;107:e85-e88.

150. Asgary S, Parirokh M, Egbbal MJ, Brink F. Chemical differences between white and gray mineral trioxide aggregate. *J Endod* 2005;31:101-3.
151. Duarte MAH, de Oliveira Demarchi ACC, Yamashita JC, Kuga MC, de Campos Fraga S. pH and calcium release of two root-end filling materials. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2003;95:345-7.
152. Takashi K, Larz S. Comparative analysis of the particle size and shape of commercially available mineral trioxide aggregates and Portland cement: a study with a flow particle image analyzer. *J Endod* 2008;34(1):94-8.
153. Al-Hezaimi K, Naghshbandi J, Oglesby S, Simon JHS, Totstein I. Comparison of antifungal activity of white-colored and gray-colored mineral trioxide aggregate (MTA) at similar concentrations against *Candida Albicans*. *J Endod* 2006;32:365-7.
154. Al-Hezaimi K, Al-Hamdan K, Naghshbandi J, Oglesby S, Simon J, Rotstein I. Effect of white-colored mineral trioxide aggregate in different concentrations on *Candida albicans* In vitro. *J Endod* 2005;31(9):684-686.
155. Mohammadi Z, Modaresi J, Yazdizadeh M. Evaluation of the antifungal effects of mineral trioxide aggregate materials. *Aust Endod J* 2006;32(3):120-2.
156. Stowe TJ, Sedgley CM, Stowe B, Fenno JC. The effects of chlorhexidine gluconate (0,12%) on the antimicrobial properties of tooth-colored ProRoot mineral trioxide aggregate. *J Endod* 2004;30:429-31.
157. Oliveira M, Xavier C, Demarco F, Pinheiro A, Costa A, Pozza D. Comparative chemical study of MTA and Portland cements. *Braz Dent J* 2007;18(1):3-7.

158. Song J, Mante F, Romanow W, Kim S. Chemical analysis of powder and set form of Portland cement, gray ProRoot MTA, white ProRoot MTA, and gray MTA-Angelus. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral radiol Endod* 2006;102:809-15.
159. Asgary S, Parirokh M, Eghbal MJ, Brink F. A comparative study of white mineral trioxide aggregate and white Portland cements using X-ray microanalysis. *Aust Endod J* 2004;30:89-92.
160. Chia-Tze K, Ming-You S, Tsui-Hsien H. Properties of an accelerated mineral trioxide aggregate-like root-end filling material. *J Endod* 2009;35(2):239-42.
161. Santos A, Moraes J, Araújo E, Yukimitu K, Valério Filho W. Physico-chemical properties of MTA and a novel experimental cement. *Int End J* 2005;38:443-7.
162. Santos A, Araújo E, Yukimitu K, Barbosa J, Moraes J. Setting time and thermal expansion of two endodontic cements. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2008;106:e77-e79.
163. Tanomaru-Filho M, Silva G, Húngaru M, Gonçalves M, Tanomaru J. Radiopacity evaluation of root-end filling materials by digitization of images. *J Appl Oral Sci* 2008;16(6):376-9.
164. Danesh G, Dammascke T, Gerth HUV, Zandbiglari T, Schäfer E. A comparative study of selected properties of ProRoot mineral trioxide aggregate and two Portland cements. *Int Endod J* 2006;39:213-9.
165. Villa P, Fernández R. Apexification of a replanted tooth using mineral trioxide aggregate. *Dent Traumatol* 2005;21:306-8.

166. Fernández E, Marc D, Morales J, González J, González JR, García Barbero E. Apicoformación: MTA versus hidróxido de calcio. *Endodoncia* 2003;21(4):246-55.
167. Mendoza Mendoza A, Solano reina E, Luque F. Cierre apical mediante agregado de trióxido mineral (MTA). *Endodoncia* 2002;20(1):28-38.
168. Tuna D, Ölmez A. Clinical long-term evaluation of MTA as a direct pulp capping material in primary teeth. *Int Endod J* 2008;41:273-8.
169. Yildirim T, Gençoglu N, Firat I, Perk C, Guzel O. Histologic study of furcation perforations treated with MTA or Super EBA in dogs' teeth. *Oral Surg oral med oral Pathol oral radiol Endod* 2005;100:120-4.
170. Coll J. Indirect pulp capping and primary teeth: is the primary tooth pulpotomy out of date? *Pediatr Dent* 2008;30(3):230-6.
171. Marchi J, Araujo F, Fröner A, Straffon L, Nör J. Indirect pulp capping in the primary dentition: a 4 year follow-up study. *J Clin Pediatr dent* 2006;31(2):68-71.
172. Naik S, Hegde A. Mineral trioxide aggregate as a pulpotomy agent in primary molars: An in vivo study. *J Indian Soc Pedo Prev Dent* 2005;March:13-16.
173. Ng F, Messer L. Mineral trioxide aggregate as a pulpotomy medicament: An evidence-based assessment. *Eur Arch Paediatr Dent* 2008;9(2):58-73.
174. Bargholz C. Perforation repair with mineral trioxide aggregate: a modified matrix concept. *Int Endod J* 2005;38:59-69.
175. Andonegui B, Gallimó I. Uso del MTa para la reparación de la perforación de furca con pérdida de hueso alveolar. *Endodoncia* 2005;23(1):33-7.

176. Marcos G, Rosado A, Millán M. Utilización clínica del MTA. Casos clínicos de apicoformación y reabsorción externa. *Rev Eur Odontoestomatol* 2004;5:223-9.
177. Karabucak B, Lin D, Lim J, Iqbal M. Vital pulp therapy with mineral trioxide aggregate. *Dent Traumatol* 2005;21:240-3.
178. Salako N, Joseph B, Ritwik P, Salonen J, John P, Junaid TA. Comparison of bioactive glass, mineral trioxide aggregate, ferric sulfate, and formocresol as pulpotomy agents in rat molar. *Dent Traumatol* 2003;19:314-20.
179. Bortoluzzi E, Broon N, Bramante C, Consolaro A, Garcia R, Gomes de Moraes I, Bernadineli N. Mineral trioxide aggregate with or without calcium chloride in pulpotomy. *J Endod* 2008;34:172-5.
180. Karami B, Kahayat A, Moazami F, Pardis S, Abbott P. Histological evaluation of the effect of three medicaments;trichloroacetic acid, formocresol and mineral trioxide aggregate on pulpotomised teeth of dogs. *Aust Endod J* 2009;35(1):18-28.
181. de Souza Costa CA, Duarte PT, se Souza PP, Giro EM, Hebling J. Cytotoxic effects and pulpal response caused by a mineral trioxide aggregate formulation and calcium hydroxide. *Am J Dent* 2008;21(4):255-61.
182. Eidelman E, Holan G, Fuks A. Mineral trioxide aggregate vs. formocresol in pulpotomized primary molars: a preliminary report. *Pediatr Dent* 2001;23(1):15-8.
183. Maroto M, Barbería E, Planells P, Vera V. Treatment of a non-vital immature incisor with Mineral Trioxide Aggregate (MTA). *Dent Traumatol* 2003;19(3):165-9.

184. Maroto M, Barbería E, Vera V, Garcia-Godoy F. Mineral Trioxide Agreggate as pulp dressing agent in pulpotomy treatment of primary molars: 42-month clinical study. *Am J Dent* 2007;20(5):283-6.
185. Agamy H, Bakry N, Mounir M, Avery D. Comparison of mineral trioxide aggregate and formocresol as pulp-capping agents in pulpotomized primary teeth. *Pediatr Dent* 2004;26:302-9.
186. Holan G, Eidelman E, Fuks A. Long-term evaluation of pulpotomy in primary molars using mineral trioxide aggregate or formocresol. *Pediatr Dent* 2005;27:129-36.
187. Farsi N, Alamoudi N, Balto K, Mushayt. Success of mineral trioxide aggregate in pulpotomized primary molars. *J Clin Pediatr Dent* 2005;29(4):307-12.
188. Caceido R, Abbott PV, Alongi DJ, Alarcon MY. Clinical, radiographic and histological analysis of the effects of mineral trioxide aggregate used in direct pulp capping and pulpotomías of primary teeth. *Aust Dent J* 2006;51(4):297-305.
189. Aeinehchi M, Dadvand S, Fayazi S, Bayat-Movahed S. Randomized controlled trial of mineral trioxide aggregate and formocresol for pulpotomy in primary molar teeth. *Int Endod J* 2007;40(4):261-7.
190. Moretti A, Oliveira T, Sakai V, Santos C, Machado M, Abdo R. Mineral trioxide aggregate pulpotomy of a primary second molar in a patient with agenesis of the permanent successor. *Int Endod J* 2007;40(9):738-45.
191. Moretti A, Sakai V, Oliveira T, Fornetti A, Santos C, Machado M, Abdo R. The effectiveness of mineral trioxide aggregate, calcium hydroxide and formocresol for pulpotomies in primary teeth. *Int Endod J* 2008;41:547-55.

192. Noorollahian H. Comparison of mineral trioxide aggregate and formocresol as pulp medicaments for pulpotomías in primary molars. *Br Dent J* 2008;204(11):E20.
193. Sonmez D, Sari S, Çetinbas T. A comparison of four pulpotomy techniques in primary molars: a long-term follow-up. *J Endod* 2008;34:950-5.
194. Jabbarifar S, Khademi A, Ghasemi D. Success rate of formocresol pulpotomy versus mineral trioxide aggregate in human primary molar tooth. *Journal of Research in Medical sciences* 2004;6:304-7.
195. Jacobovitz M, de Pontes Lima RK. The use of calcium hydroxide and mineral trioxide aggregate on apexification of a replanted tooth: a case report. *Dent Traumatol* 2009;25(3):e32-6.

8. Anexos

Anexo 1

Unidad de Coordinación de Ensayos
Clínicos

Informe Dictamen Protocolo Favorable

C.I. P-05/346

09 de enero de 2006

CEIC Area 7 - Hospital Clínico San Carlos

Dña. Mar García Arenillas
Secretaria del CEIC Area 7 - Hospital Clínico San Carlos

CERTIFICA

1º. Que se ha evaluado la propuesta del promotor referida al estudio:

Título: RESPUESTA PULPAR A LA APLICACIÓN DEL AGREGADO TRIÓXIDO MINERAL (PROROOT®) EN PULPITIS CAMERALES EN MOLARES TEMPORALES HUMANOS

Promotor: Dra Elena Barbería Leache **Código Interno:** P-05/346

Fecha Entrada: 09/01/2006

2º. Considera que

- El estudio se plantea siguiendo los requisitos del Real Decreto 223/2004, de 6 de febrero y las normas que lo desarrollan, y su realización es pertinente.
- Se cumplen los requisitos necesarios de idoneidad del protocolo en relación con los objetivos del estudio y están justificados los riesgos y molestias previsibles para el sujeto.
- Son adecuados tanto el procedimiento para obtener el consentimiento informado como la compensación prevista para los sujetos por daños que pudieran derivarse de su participación en el ensayo.
- El alcance de las compensaciones económicas previstas no interfiere con el respeto a los postulados éticos.
- La capacidad del investigador y sus colaboradores, y las instalaciones y medios disponibles, tal y como ha sido informado, son apropiados para llevar a cabo el estudio.

3º. Por lo que este CEIC emite un **DICTAMEN FAVORABLE**.

4º. Este CEIC acepta que dicho ensayo sea realizado en los siguientes CEIC/Centros por los Investigadores:

CEIC Area 7 - Hospital Clínico San Carlos

Elena Barbería Leache
Facultad de odontología

Lo que firmo en Madrid, a 09 de enero de 2006

Fdo: 
Elena Barbería Leache
Código Interno de Investigación Clínica

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE
FACULTAD DE ODONTOLOGIA
Compulsado y Conforme con
el Original.
Madrid, 11 de ENERO, 2006
EL FUNCIONARIO,

Dña. Mar García Arenillas
Secretaria del CEIC Area 7 - Hospital Clínico San Carlos



Hospital Clínico San Carlos
Coordinación de Ensayos Clínicos, 1ª N, C/ Doctor Martín Lagos, s/n. Madrid 28040 Madrid España
Tel. 91 330 38 19 Fax. 91 330 32 99 Correo electrónico: ceic.hsc@salud.madrid.org

Página 1

Anexo 2

Consentimiento informado

D. /Dña. (nombre y dos apellidos).....
en condición de padre/madre del paciente
con domicilio habitual en.....DNI/NIF.....

RECONOZCO que se me ha informado de que:

El propósito del tratamiento es restaurar en lo posible, los dientes dañados por caries y/o traumatismos, corregir aquellas alteraciones derivadas de una mala relación dentaria que requieren ser tratadas a edad temprana y establecer un programa de revisiones que mejoren la salud bucal futura.

La caries, las enfermedades de las encías y otras enfermedades de la boca tienen una causa infecciosa que se hace más activa por la ingestión de una dieta con excesivos azúcares, por tener hábitos alimenticios incorrectos, no cepillarse adecuadamente y otras causas individuales.

Para realizar el diagnóstico es necesario realizar la historia, exploración clínica y radiografías para las que se utilizará protección radiológica (Real Decreto 815/2001; European guidelines on radiation protection in dental radiology). También será necesario obtener periódicamente fotografías científicas y otros registros que requieren tiempo pero aportan datos para realizar el tratamiento, valorar el crecimiento y mejorar el seguimiento.

Para el tratamiento el niño pasará solo al consultorio, permaneciendo los padres en la sala de espera, salvo que se les requiera por alguna razón.

Terminada la cita de tratamiento, se me realizarán las observaciones que procedan sin que necesariamente tengan que ser los doctores. Si deseo hablar personalmente con ellos lo indicaré en recepción.

Las intervenciones generalmente requieren administrar anestesia local que, aunque con poca frecuencia, tiene riesgo de provocar respuestas alérgicas importantes. También se me ha informado de que debo mantener la vigilancia, mientras dure el efecto anestésico, para prevenir las mordeduras que pueda provocarse el niño en la zona insensible.

Se me ha explicado la necesidad de colaboración del niño ya que la notoria falta de colaboración, lloros, movimientos corporales excesivos, empujar a los doctores, etc. podrían originar desplazamientos de los instrumentos y material quirúrgico y causar lesiones bucales o corporales. Por ello, si el niño muestra esos comportamientos, es necesario restringir los movimientos corporales, si el niño es pequeño, o implantar

normas de conducta exigiendo al niño que no lo haga, todo ello con el fin de evitar lesiones derivadas de una colaboración insuficiente para que el tratamiento pueda ser realizado. Los padres tienen la opción de solicitar que el tratamiento se realice bajo anestesia general, sin embargo eso no evitará que en las citas posteriores a la anestesia el niño deba seguir el proceso de remodelación de la conducta para aceptar las incomodidades del tratamiento dental.

Igualmente he comprendido que en algunos casos en que ya no es posible la conservación de un diente temporal y es inevitable su extracción, puede ser necesaria la colocación de algún dispositivo para facilitar la erupción posterior del diente permanente. Estos aparatos han sido diseñados para niños, sin embargo requieren que sean los padres los que persuadan a su hijo para que lo lleve, controlen que se los ponen y quitan de la forma indicada para evitar roturas y los limpien adecuadamente. Estos aparatos requieren controles periódicos en una secuencia rigurosa y, si se producen roturas o llagas debo ponerme en contacto telefónico para solicitar una revisión del mismo.

Conozco que los traumatismos y fracturas dentarias, tanto de los dientes temporales como de los permanentes, tienen gran importancia y pueden ser la causa de infecciones y severas alteraciones o pérdida de los dientes si no se realiza el tratamiento. He sido informado de que en estas lesiones, aunque la reconstrucción es importante, el objetivo terapéutico fundamental es prevenir y curar los cuadros infecciosos de la raíz dentaria y de los tejidos óseos de alrededor.

He sabido la importancia que en el desarrollo de la futura dentición tiene el correcto alineamiento de los dientes temporales y cómo ciertos hábitos y malposiciones dentarias que lo alteran requieren un tratamiento correctivo precoz. Me han explicado las formas en que dicha corrección puede llevarse a cabo, las consecuencias de no hacerlo, así como que la corrección precoz no garantiza que en el futuro no sea necesario un tratamiento de ortodoncia correctiva. Comprendo que para que esta corrección pueda realizarse debo controlar que el niño lleve el aparato tanto tiempo como se le indique y siga las instrucciones de higiene.

Me han explicado que el tratamiento de las lesiones actuales no evita tener caries posteriormente sino que el niño y la familia tienen que eliminar las causas que las han provocado, siendo mi responsabilidad realizar personalmente, y hacer que el niño siga, el programa de mantenimiento de la salud que se me indique para evitar recidivas de la enfermedad.

RECONOZCO:

- que he informado de todos los datos médicos, antecedentes odontológicos del niño, así como del comportamiento del niño en experiencias dentales anteriores.
- que he aportado todos los informes médicos que se me han solicitado.
- que me ha sido entregada una copia de este documento.
- que sé que en el Programa Atención Odontológica Integral a Pacientes en Edad Infantil se ofrece atención odontológica infantil realizada por un equipo de doctores, que intervienen clínicamente de modo coordinado bajo la dirección y supervisión de la Catedrática, Profa. Dra. Elena Barbería Leache.
- el tratamiento clínico de los pacientes infantiles en este Programa se entiende como un único proceso que abarca desde la incorporación al tratamiento, hasta la finalización de la etapa de crecimiento infantil y, por tanto, requiere controles periódicos que los padres tienen que solicitar. El intervalo máximo entre una y otra revisión no debe ser mayor de seis meses.
- que el facultativo me ha informado sobre el estado bucal del niño y las necesidades terapéuticas actuales y previsibles durante la etapa infantil, se me ha dado oportunidad de plantear preguntas y solucionar mis dudas. Por ello, manifiesto que estoy satisfecho con la información recibida y que comprendo el alcance y los riesgos del tratamiento y, en base a ello:

SUSCRIBO el consentimiento informado y autorizo a los facultativos para asistir al niño, realizar los procedimientos clínicos, técnicas de manejo del comportamiento, así como para el uso científico y docente de los registros del mismo.

Madrid a..... dede 20....

Fdo.:

REVOCACIÓN

Don
(Nombre y dos apellidos del paciente)

de años de edad, con domicilio en

..... y D.N.I. nº

Don
(Nombre y dos apellidos)

de años de edad, con domicilio en

..... y D.N.I. nº

en calidad de
(Representante legal, familiar o allegado)

de
(Nombre y dos apellidos del paciente)

REVOCO el consentimiento prestado en fecha, y no deseo proseguir el tratamiento bajo mi absoluta responsabilidad, que doy con esta fecha por finalizado.

En a
(Lugar) (Fecha)

Fdo.: EL MÉDICO

Fdo.: EL PACIENTE

Fdo.: El Representante Legal

